

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Domagoj Kežman

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr. sc. Hrvoje Cajner, doc.

Student:

Domagoj Kežman

Zagreb, 2017.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svom mentoru doc. dr. sc. Hrvoju Cajneru, bez čije pomoći ne bih mogao privesti ovaj rad kraju. Zahvaljujem se svima koji su me podupirali tokom studija, pogotovo svojoj obitelji.

Domagoj Kežman



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Domagoj Kežman** Mat. br.: **0035196776**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **SISTEMATIZACIJA ZNAČAJKI KONCEPTA INDUSTRIJE 4.0**

Naslov rada na engleskom jeziku: **SYSTEMATIZATION OF THE INDUSTRY 4.0 CONCEPT CHARACTERISTICS**


Opis zadatka:

Koncept Industrije 4.0 podrazumijeva tehničku integraciju CPS-a (eng. *Cyber-Physical Systems*) u proizvodne i logističke lance, korištenje "Interneta stvari i usluga" u industrijskim procesima te objedinjavanje u jedinstveni sustav nazvan "Pametna tvornica" (eng. *Smart Factory*). Prilikom uvođenja koncepta Industrije 4.0 mijenjaju se procesi stvaranja vrijednosti, poslovni modeli i postojeća organizacija rada. Kako bi implementacija bila moguća moraju biti zadovoljeni određeni preduvjeti kao što su: proizvodnja bez grešaka, brza reakcija proizvodnog sustava na promjene u okolini i u zahtjevima korisnika i sl.

Osnovni zadatak ovog rada je opisati značajke koncepta Industrije 4.0 te istražiti primjere implementacije koncepta Industrije 4.0 u svijetu. Rad mora sadržavati opis značajki koje su pretpostavka uvođenju koncepta Industrije 4.0. Nadalje, potrebno je istražiti i opisati postojeće vrijednosne pokazatelje mogućnosti uvođenja koncepta u RH i usporediti s pokazateljima u inozemstvu.

30. studenog 2016.

Zadatak zadao:


Dr. sc. Hrvoje Cajner, doc.


Rok predaje rada:

- 1. rok: 24. veljače 2017.
- 2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2017.
- 3. rok: 22. rujna 2017.

Predviđeni datumi obrane:

- 1. rok: 27.2. - 03.03. 2017.
- 2. rok (izvanredni): 30. 06. 2017.
- 3. rok: 25.9. - 29. 09. 2017.

v.d. predsjednika Povjerenstva:


Izv. prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA	IV
POPIS KRATICA	V
SAŽETAK	VII
SUMMARY	VIII
1. UVOD	1
2. INDUSTRIJSKE REVOLUCIJE KROZ POVIJEST	2
2.1. 1. industrijska revolucija	2
2.2. 2. industrijska revolucija	2
2.3. 3. industrijska revolucija	3
2.4. 4. industrijska revolucija	3
3. INDUSTRIJA 4.0	5
3.1. Preduvjeti za uvođenje Industrije 4.0.....	6
3.2. Ključni pojmovi u Industriji 4.0	8
3.2.1. Pametna tvornica (eng. smart factory)	8
3.2.2. Internet stvari (eng. Internet of things)	9
3.2.3. „Big data“	10
3.2.4. Ostali pojmovi	10
3.3. Značajke Industrije 4.0.....	11
3.3.1. Kibernetско-fizički sustav (eng. Cyber-physical system- CPS).....	11
3.3.2. Umreženost.....	12
3.3.3. Energetska iskoristivost.....	13
3.3.4. Fleksibilnost.....	13
3.3.5. Pametni strojevi i roboti	13
3.3.6. Povećana produktivnost	13
3.3.7. Horizontalna i vertikalna integracija	14
3.3.8. Cyber-sigurnost.....	14
3.3.9. 3D printanje ili aditivne tehnologije	14
3.3.10. Novi poslovni modeli	14
3.3.11. Decentralizacija	15
3.3.12. Brz odziv na promjenu	15
4. SPREMNOST HRVATSKE ZA INDUSTRIJU 4.0	16
4.1. Vrijednosni pokazatelji stanja gospodarstva u Republici Hrvatskoj	16
4.1.1. Stanje proizvodne industrije u RH s obzirom na udio u ukupnoj bruto dodanoj vrijednosti.....	17
4.1.2. Razina industrijske razvijenosti	22
4.1.3. Razina digitalizacije gospodarstva i društva	27
4.1.4. Bruto domaći proizvod (BDP).....	30
4.1.5. Zaposlenost i prosječne plaće	32
4.1.6. Istraživanje i razvoj	33

4.2. Strategija za budućnost	35
4.2.1. Produktivnost.....	37
4.2.2. Konkurentnost.....	37
4.2.3. Istraživanje, razvoj i inovacije (IRI)	38
4.2.4. Ljudski potencijali	40
4.2.5. Zaključno o strategiji razvitka RH.....	42
5. PRIMJERI IMPLEMENTACIJE INDUSTRIJE 4.0 U SVIJETU	44
5.1. Načini primjene i njene dobiti	44
5.1.1. Smanjenje potrošnje energije za vrijeme stanki u proizvodnji na linijama za montažu vozila.....	44
5.1.2. Ostvarivi individualni zahtjevi svakog kupca	45
5.1.3. Iznenadni problemi s dobavljačem	46
5.2. Primjeri primjene Industrije 4.0 u poduzećima	47
5.2.1. Bosch Rexroth	47
5.2.2. Siemensova tvornica za proizvodnju PLC računala u Ambergu u Njemačkoj ...	48
5.2.3. BMW-ova tvornica u Spartanburgu u Južnoj Carolini.	49
5.2.4. Campofrio Food Group	50
6. ZAKLJUČAK.....	51
LITERATURA.....	52
PRILOZI	54

POPIS SLIKA

Slika 1. Pametna tvornica i njene značajke	9
Slika 2. Kibernetско-fizički sustav	12
Slika 3. Udio industrijske proizvodnje u ukupnoj dodanoj vrijednosti za istaknutije europske zemlje u periodu od 2001. do 2011. god.	17
Slika 4. Udio industrijske proizvodnje u ukupnoj bruto dodanoj vrijednosti za zemlje članice EU za 2015. godinu	18
Slika 5. Tehnološka snaga hrvatske industrije za 2012. godinu	21
Slika 6. Industrijska razvijenost hrvatskih tvrtki	25
Slika 7. Odnosi između udjela industrije u BDP-u i spremnosti na uvođenje Industrije 4.0 europskih država.	26
Slika 8. DESI za svako od 5 područja u 2016. god. (lijevo) i cjelokupan DESI za 2016. god (desno)	28
Slika 9. Širokopojasni pristup internetu u kućanstvima od 2013. do 2015. godine	29
Slika 10. Usporedba kućanstava s pristupom internetu: RH-EU (od 2007. do 2013. god.)	30
Slika 11. BDP (realne stope rasta) – tromjesečni obračun od 2010. godine	31
Slika 12. Prosjek zaposlenih od 2005. godine	32
Slika 13. Prosječne mjesečne neto plaće od 2005. godine	33
Slika 14. Ljudski potencijali u znanosti i tehnologiji za 2012. god. (% od ukupne populacije)	40
Slika 15. Sudjelovanje u osposobljavanju i obrazovanju osoba od 25 do 64 godine starosti ..	42
Slika 16. Prikaz današnjeg i budućeg načina proizvodnje.	46
Slika 17. Koristi primjene Industrije 4.0 u Bosch Rexroth tvornici u Hamburgu.	47
Slika 18. Prikaz Siemensove digitalne tvornice u Ambergu.....	49

POPIS TABLICA

Tablica 1. Usporedba prednosti čovjeka i robota	6
Tablica 2. Popis djelatnosti prerađivačke industrije poredanih po tehnološkoj intenzivnosti ..	19
Tablica 3. Poredak industrija u Republici Hrvatskoj po GVAC-u i EMPC-u	22
Tablica 4. Upitnik o razvijenosti industrije u Hrvatskoj	23
Tablica 5. Promatrani industrijski parametri	27
Tablica 6. Promatrani parametri vezani uz digitalizaciju	29
Tablica 7. BDP po stanovniku i stopa rasta BDP-a (2005. – 2015. god.)	31
Tablica 8. Zaposlenost i prosječne plaće	32
Tablica 9. Istraživanje i razvoj	33
Tablica 10. Broj upisanih studenata na pojedine vrste studija od 2011. god. do 2016. god.....	41

POPIS KRATICA

BDP - bruto domaći proizvod

BERD - eng. Business Enterprise Research and Development (istraživanje i razvoj poslovnog sektora)

CPS - eng. Cyber-physical system (kibernetско-fizički sustav)

CRM - eng. Customer Relationship Management

DESI - eng. digital economy and society index (indeks digitaliziranosti gospodarstva i društva)

EMP_C - eng. employment ratio (omjer zaposlenosti)

EPO - Europska patentna organizacija

EU - eng. European Union (Europska unija)

GALP – eng. Hreen and Lean Production (ekološka i vitka proizvodnja)

GERD - eng. gross domestic expenditure on research and development (bruto domaći izdaci za istraživanje i razvoj)

GVA_C - eng. gross value added (bruto dodana vrijednost)

iEMDS - eng. intelligent energy management data system (inteligentni menadžmentski sustav za upravljanje energijom)

ICT - eng. information and communications technology (informacijske i komunikacijske tehnologije)

Iot - eng. Internet of things (Internet stvari)

IP - eng. Internet protocol

IT - eng. information technology (informacijske tehnologije)

KIBS - eng. knowledge intensive business services (poslovne usluge zasnovane na znanju)

NKD - nacionalna klasifikacija djelatnosti

PLC - eng. programmable logic controller (programabilni logički kontroler)

PLM – eng. Product Lifecycle Management (upravljanje cjeloživotnim ciklusom proizvoda)

RH - Republika Hrvatska

RFID - eng. radio-frequency identification (radio frekvencijska identifikacija)

SMES - eng. small and medium-sized enterprises (mala i srednje velika poduzeća)

STEM - eng. Science, Technology, Engineering, Mathematics (znanost, tehnologija, inženjerstvo, matematika)

TPS – eng. Toyota Production System (Toyota sustav proizvodnje)

SAŽETAK

Rad je podijeljen na četiri dijela. U prvom dijelu prolazi se kroz 3 industrijske revolucije koje su se dogodile u prošlosti i najavljuje se četvrta industrijska revolucija nazvana Industrija 4.0. Druga cjelina objašnjava pobliže Industriju 4.0: preduvjete koje je potrebno ispuniti prije njene implementacije, ali i sve njene značajke. U trećoj cjelini je fokus na Hrvatskoj. Navode se podaci o: razini industrijske razvijenosti u Hrvatskoj, najrazvijenijim industrijskim djelatnostima, razini digitalizacije u zemlji, ulaganju u istraživanje i razvoj i dr. Napravljena je i usporedba Hrvatske sa ostalim zemljama Europske unije. Također se govori o strategiji budućeg razvoja hrvatskog gospodarstva. U završnom dijelu rada prikazani su konkretni primjeri implementacije značajki Industrije 4.0 u praksi.

Ključne riječi: Industrija 4.0, internet stvari, pametna tvornica, „Big data“, računalni oblak, kibernetско-fizički sustavi

SUMMARY

This paper is divided in 4 parts. First part talks about 3 industrial revolutions that occurred in the past and about the one that is occurring today called Industry 4.0. The second part gives a closer look at Industry 4.0: preconditions that are needed to be fulfilled before its implementation and the characteristics of Industry 4.0. In the third part, the focus is on Croatia. There are informations about the level of: industrial development in Croatia, digitization, investments in research and development and it is talked about the most developed industries. A comparison between Croatia and European union has also been made. It is also talked about the strategy of development of Croatian economy. The paper finishes with concrete examples of Industry 4.0 implementation in practice.

Key words: Industry 4.0, Internet of things, Smart factory, Big data, Cloud computing, Cyber-physical system

1. UVOD

Prvo je nastupila mehanizacija, zatim elektrizacija i okretanje prema masovnoj proizvodnji, te na kraju automatizacija. Riječ je naravno o industrijskim revolucijama koje su se javljale kroz različita povijesna razdoblja, počevši od 18. stoljeća. Danas se svijet nalazi na prijelazu u novo industrijsko razdoblje koje je izazvano: razvojem interneta, sve pametnijim robotima i uređajima općenito. Industrija 4.0 je naziv za nov pristup industrijskoj proizvodnji i primjenu novih tehnologija koje usko surađuju s čovjekom u procesu proizvodnje.

Kako se razvijaju tehnologija i znanost, tako se traže i načini na koje se nova dostignuća mogu implementirati u industrijsku proizvodnju s ciljem ostvarivanja prednosti nad konkurencijom i potpunog zadovoljavanja tržišnih zahtjeva. Za opstanak svakog poduzeća ključno će biti ostati u koraku s konkurencijom, ne samo kako bi osigurali profit, već da bi i opstali. Komunikacija u svijetu nikad nije bila jednostavnija i brža nego li danas. Ovo otvara mogućnost jednoj od glavnih značajki Industrije 4.0, a to je da potrošači direktno mijenjaju proizvodne planove tvrtki izborom proizvoda po njihovoj mjeri. Poduzeća budućnosti će za cilj imati što veću koncentraciju na ispunjavanje kupčevih želja jer je konkurencija nemilosrdna što je poznato i kroz uzrečicu Henrya Forda: „Plaću isplaćuje kupac, a ne poduzetnik“.

U ovom radu cilj je uočiti preduvjete potrebne za implementaciju novog tipa industrije te značajke zbog kojih se isti može nazvati revolucijom. Također će osvrt biti na trenutno stanje hrvatske industrije i gospodarstva te usporedbi sa stanjem u ostalim zemljama u Europi. Na kraju rada će biti riječi o funkcioniranju Industrije 4.0 u praksi i koristima koje ona donosi.

2. INDUSTRIJSKE REVOLUCIJE KROZ POVIJEST

2.1. 1. industrijska revolucija

Prijelaz s ručne proizvodnje na strojnu je glavno obilježje 1. industrijske revolucije. To je period od druge polovice 18. st. do prve polovice 19. st. u kojem su ruralna društva Europe i SAD-a postala industrijalizirana i urbana. Prije revolucije se proizvodnja uglavnom odvijala u obiteljskim domovima te se koristio ručni alat. Industrijalizacija je premjestila proizvodnju iz domova ljudi u velike tvornice, što postaje ekonomski puno isplativije. Proizvodnja postaje masovna. Industrije željeza i tekstila su napravile najveći skok s novopridošlim promjenama. Poboľšan je sustav transporta, bankarstva i komunikacija. Radnici su imali točno određeno vrijeme kad moraju raditi, što prije nije bio slučaj. Nuspojava industrijalizacije je ta da su radnici često živjeli u neljudskim uvjetima, radna vremena su bila duga, a dječji rad je bio ustaljena norma. Razvoj parnog stroja je bio ključan za 1. industrijsku revoluciju. 1712. godine je Thomas Newcomen razvio prvi parni stroj s primjenom u praksi. Koristio se za ispumpavanje vode u rudnicima. 1770. godine, škotski izumitelj James Watt nadograđuje Newcomenov rad tako da se parni stroj od tad koristi za pokretanje strojeva, lokomotiva, brodova.. Izum koji je uvelike doprinio razvoju komunikacija je bio telegraf, uređaj za prijenos pisanih poruka na velike udaljenosti. S razvitkom industrije i komunikacijskih alata došlo je i do procvata bankarstva. 1776. godine škotski filozof Adam Smith objavljuje djelo: „Bogatstvo naroda“ u kojem promovira ekonomski sistem zasnovan na: privatnom vlasništvu nad proizvodnim sredstvima, slobodnom poduzetništvu te zagovara što manji utjecaj državnih vlada na gospodarstvo.

2.2. 2. industrijska revolucija

Smatra se da je 2. industrijska revolucija započela 1870. god., a završila 1914. god. Izumljen je čelik, relativno jeftin materijal s obzirom na odlična tehnička svojstva, koji je zamijenio željezo. Zbog toga su se započele graditi konstrukcije, strojevi, željeznice, brodovi i dr. koji prije nisu bili ekonomski isplativi. Uporaba čelika je dovela do toga da se željeznice izrađuju po jeftinijim cijenama, što je uvelike doprinijelo razvoju transportnih putova.

Prije 2. industrijske revolucije struja je smatrana luksuzom. Za osvjetljavanje kućanstava i tvornica su se koristile svijeće i lampe na plin, pa se stoga većina aktivnosti

nastojala obaviti za vrijeme dana. Prvu široko-upotrebljivu žarulju je izumio Thomas Edison. Iako se Edisonu pripisuju velike zasluge za 2. industrijsku revoluciju, ništa ne bi bilo moguće bez hrvatsko-srpskog znanstvenika Nikole Tesle. Tesla je za razliku od Edisona smatrao da će budućnost biti zasnovana na naizmjeničnoj struji. Otkriće naizmjenične struje čini temelj 2. industrijske revolucije. Naizmjenična se struja mogla prenositi na puno veće udaljenosti, za razliku od jednosmjerne. 1876. godinu su obilježila 2 velika otkrića: Alexander Graham Bell izumljuje telefon, a Nikolaus Otto izrađuje prvi moderan motor s unutarnjim izgaranjem, što je dovelo do nastanka prvih automobila i aviona. 1901. godina je značajna po Guglielmu Marconiju koji uspijeva po prvi put poslati radio valove preko Atlantskog oceana.

Veliku prekretnicu u proizvodnji je označilo uvođenje pokretne trake u proizvodne procese, što je učinilo radnike efikasnijima i produktivnijima. Pokretna traka je diktirala tempo rada, a rad na traci je krasila monotonija. Henry Ford je 1913. godine instalirao pokretnu traku za masovnu proizvodnju svog Modela T. Njegova je inovacija skratila vrijeme izrade auta s 12 h na 2 h i 30 min.

2.3. 3. industrijska revolucija

Elektronika i informacijske tehnologije (eng. *information technology*- IT) doživljavaju brzo širenje u industriji 70.-ih godina 20. stoljeća. Proizvodnja se sve više zasniva na kompjuterski potpomognutoj proizvodnji. Proizvodnja iz masovne postaje sve individualiziranija, tj. ponuda postaje sve bogatija. Roboti postaju napredniji i isplativiji, što za sobom vuče daljnju automatizaciju proizvodnje. Problem koji daljnja automatizacija proizvodnje vuče za sobom je smanjenje potrebe za radnicima koji zarađuju novac djelatnostima koje ne zahtijevaju stručne kvalifikacije i za koji je fizička snaga i izdržljivost važnija od obrazovanja, tzv. plavim ovratnicima (eng. *blue collar*).

2.4. 4. industrijska revolucija

Javlja se kao svojevrsan nastavak na 3. industrijsku revoluciju. Obilježava ju umrežavanje pametnih digitalnih uređaja bežičnim putem. Robotika je jedan od temelja 4. industrijske revolucije. Razlika u odnosu na robote od prije 10-ak godina je u tome da roboti danas umreženi u tvornici imaju veći stupanj umjetne inteligencije i mogu putem pametnih uređaja komunicirati s ostalim strojevima i radnicima. Cilj Industrije 4.0 je pametna tvornica (eng. *smart factory*) koju karakterizira: prilagodljivost, učinkovito korištenje resursa te integracija klijenata i poslovnih partnera u poslovni proces. U novoj, pametnoj tvornici sve

treba biti povezano sa svime: strojevi komuniciraju s poluproizvodima, pojedini dijelovi stroja međusobno, a roboti i ljudi više nisu odvojeni ogradama nego su u međusobnoj interakciji. Za uspjeh ove revolucije je važno jednostavno korištenje golemih skupova podataka (eng. *big data*). „Big data“ je tehnologija koja omogućava prikupljanje i obradu velikih količina strukturiranih i nestrukturiranih podataka u realnom vremenu.

Industrija 4.0 je novi koncept gospodarskog razvoja i poboljšanja životnih uvjeta. Ona integrira proizvodnju, proizvode, tržište i potrošače koristeći najbolje informacijske i komunikacijske tehnologije.

Novi društveni okvir čine:

- inteligentno spojeni ljudi, strojevi i industrijski procesi
- komponente i proizvodi koji reagiraju na proizvodnu opremu i zahtjeve potrošača
- svi elementi u proizvodnji koji imaju određenu razinu komunikacije

Odlike pametnih poduzeća su [1]:

- pametni i personalizirani proizvodi
- proizvođač kao pružatelj usluge
- visok stupanj kooperacije i integracije uporabom informacijskih i komunikacijskih tehnologija (eng. *information and communications technology-ICT*), što omogućava uzajaman razvoj proizvoda i proizvodnih procesa

3. INDUSTRIJA 4.0

Izvorište Industrije 4.0 je zamisao da svi objekti u tvornici (strojevi, roboti, uređaji, proizvodi) i ljudi međusobno komuniciraju, uglavnom bežičnim putem.

Cilj nove industrijske revolucije je visoko-fleksibilna, individualizirana, masovna proizvodnja s malo škarta. Kupac dobiva proizvod skrojen po njegovoj mjeri za relativno nisku cijenu. Za proizvodni je proces bitno da je fleksibilan jer mora biti u stanju proizvesti što više različitih tipova proizvoda te biti u stanju napraviti promjenu na proizvodu u zadnji tren uslijed promjene želje kupca. Od inženjerstva se očekuje sudjelovanje u cijelom životnom vijeku proizvoda. Pametni proizvodi koji su rezultat Industrije 4.0 će biti u stanju slati veliki set podataka svom proizvođaču te pomoću tih podataka sugerirati koja su mu poboljšanja potrebna u budućnosti. Od 1. industrijske revolucije je proizvodnja postala jako kompleksan proces. U ranim počecima industrije radna je snaga obavljala vrlo jednostavne poslove i bila je smatrana samo brojem. Kvalitetna organizacija rada je tad bila smatrana najbitnijom stavkom uspješnog poduzeća. Od tad se i rodila ideja znanstvenog menadžmenta. Kako vrijeme odmiče, raste i svijest da je kvaliteta radnika vrlo bitna za uspjeh poduzeća. Industrija 4.0 pomiče granicu dalje i u središte procesa proizvodnje stavlja međusobnu suradnju radnika i svih objekata koji ih okružuju. Tako je za uspješno implementiranje Industrije 4.0 u poduzeće bitno imati kvalitetnu organizaciju rada, kvalitetno osoblje i pametne strojeve koji su u stanju inteligentno reagirati na podražaje.

Industrija 4.0 predstavlja svojevrsnu promjenu razmišljanja kako se dolazi do gotovog proizvoda. Materijal koji se nalazi u procesu proizvodnje sada putuje od stroja do stroja kazujući svakom stroju način na koji želi biti obrađen. Svaki dio ima jedinstveni čip u sebi na kojem se nalaze informacije za obradu. Taj čip i nakon proizvodnje i prodaje skuplja informacije o proizvodu koje su vidljive na Internetu stvari (eng. *Internet of things*- Iot). Inteligentni strojevi smanjuju bespotrebno prenaprezanje radnika i omogućuju im koncentraciju na kreativniji dio posla što će dovesti do povećanja dodane vrijednosti proizvodima. Inteligencija koju strojevi posjeduju znači da strojevi sami donose odluke do jedne razine, ali su cijelo vrijeme pod nadzorom operatera koji reagiraju na moguće greške.

Ideja Industrije 4.0 je rođena u velikoj industrijskoj zemlji-Njemačkoj. Ta je zemlja shvatila da je za uspjeh u industriji bitno prepoznati promjene koje dolaze te se prilagoditi na iste. Tako su se udružili njemački biznis, znanost i politika te donijeli odluku o ulaganjima

kako bi Industrija 4.0 postala stvarnost u doglednoj budućnosti. Sveopća digitalizacija stanovništva i procesa je ključ za uspjeh Industrije 4.0. Ona će, ako gledamo proizvodnju: smanjiti njene troškove, smanjiti pojavu škarta te orijentirati proizvodnju ka kupcu.

Vrijedi nabrojati i sposobnosti u kojima prednjače ljudi i sposobnosti u kojima prednjači robot [2]:

Tablica 1. Usporedba prednosti čovjeka i robota [2]

Posebne ljudske sposobnosti	Posebne tehnološke sposobnosti
Osjećaji, emocije	Obrada Big data
Iskustvo, memorija	Objektivnost, nepristranost
Rješavanje problema	Jasne i unaprijed definirane aktivnosti
Sposobnost procjene i donošenja odluka	Aktivnosti s visokom pouzdanošću
Mašta	Mjerenje i brojanje fizikalnih vrijednosti
Fleksibilnost	Pouzdana reakcija na jasne ulazne signale
Brza prilagodba na različite uvjete okoline	Izlazni signali bez greške
Motivacija	Sposobnost izvršenja više istovremenih aktivnosti
Sposobnost komunikacije	Brzo povezivanje
	Povezivanje procesa dodane vrijednosti i poslovnih modela

3.1. Preduvjeti za uvođenje Industrije 4.0

1) Umreženost i digitalna povezanost.

Oprema, procesi i ljudi moraju biti međusobno integrirani vertikalno i horizontalno kroz cijeli sustav stvaranja vrijednosti, pomoću bežičnih veza i interneta. Potrebno je uspostaviti novi poslovni model i organizaciju rada kako bi se poduzeće prilagodilo na nove uvjete.

2) Obučena radna snaga.

Od radnika se očekuje da posjeduju potrebno znanje i vještine za rad u digitaliziranoj industriji. Od države se očekuje da reformira školstvo i potakne zanimanje djece za digitalne tehnologije od najranije dobi. Najveći problem sveopće digitalizacije posla predstavlja nestašica stručne radne snage. Očekuje se da će u budućnosti samo rasti potražnja za ICT stručnjacima (eng. *Information and communications technology*-ICT) koji su kreativni, inovativni i sposobni donositi pravovremene odluke. Radnici koji danas ugl. obavljaju fizičke poslove će morati

proći kroz proces educiranja kako bi bili u stanju primijeniti nove, kompleksne tehnologije.

3) Efikasno iskorištenje svih resursa poduzeća.

Smanjenje troškova proizvodnje je jedan od glavnih uvjeta za implementaciju Industrije 4.0. Kao rezultat boljeg iskorištenja resursa se javlja veća produktivnost, što za sobom vuče povećanje konkurentnosti na tržištu. Kako vrijeme bude odmicalo, sve će više poduzeća posezati za obnovljivim izvorima energije, koji će biti dostupniji i lakše uskladištivi u budućnosti.

4) Digitalizacija javne uprave.

Javna uprava treba ukinuti prepreke za obavljanje novih poslova. Od nje se očekuje da ubrza izdavanje dokumenata, podataka i informacija kako bi bilo omogućeno nesmetano obavljanje poslova koji zahtijevaju brzo donošenje odluka.

5) Uspostava zakonodavnog okvira.

Nužno je zakonski regulirati područja intelektualnog vlasništva, nove tipove kontrole i nadzora zaposlenika u pametnim tvornicama, vlasništvo nad podacima i njihovu sigurnost.

6) Tehnički standardi.

U novim, pametnim tvornicama potrebno je tehničke standarde dignuti na višu razinu. Ti standardi trebaju biti u stanju omogućiti komunikaciju, prikupljanje ogromnih setova podataka i ponuditi sučelje za cijeli sustav.

7) Lean menadžment.

Lean je proizvodna filozofija kojoj je cilj ukloniti sve moguće izvore rasipanja u poduzeću, skraćujući tako vrijeme od zaprimanja narudžbe do isporuke kupcu. Uvođenje Lean menadžmenta je preduvjet za automatizaciju i digitalizaciju proizvodnje. Lean se u poduzećima koristi za povećanje produktivnosti i smanjenje troškova u procesu proizvodnje. Uspjeh Leana je uvjetovan na kontinuiranom poboljšavanju.

8) Standardizacija.

Standardizacija sustava, platforme, protokola, povezanosti je jako bitna. Potrebno je izraditi referentnu bazu kako bi svaki pojam imao točnu definiciju. Za uspostavljanje standardizacije je potrebna međusobna suradnja svih poduzeća.

9) Sigurnost sustava i baze podataka.

Nužno je naći rješenje za zaštitu digitaliziranih sustava od strane nepoželjnih upada u sustav. Ako ne budu dovoljno dobro zaštićeni, poslovni planovi i tajne, podaci

o zaposlenicima i proizvodima, će biti na udaru hakera. Sigurnost svih sustava mora biti na zadovoljavajućem nivou ako se želi steći povjerenje u novi tip industrije. Može se lako dogoditi da jedna tvrtka uloži milijune u istraživanje i razvoj novih proizvoda, a druga tvrtka samo pokrade sva istraživanja.

3.2. Ključni pojmovi u Industriji 4.0

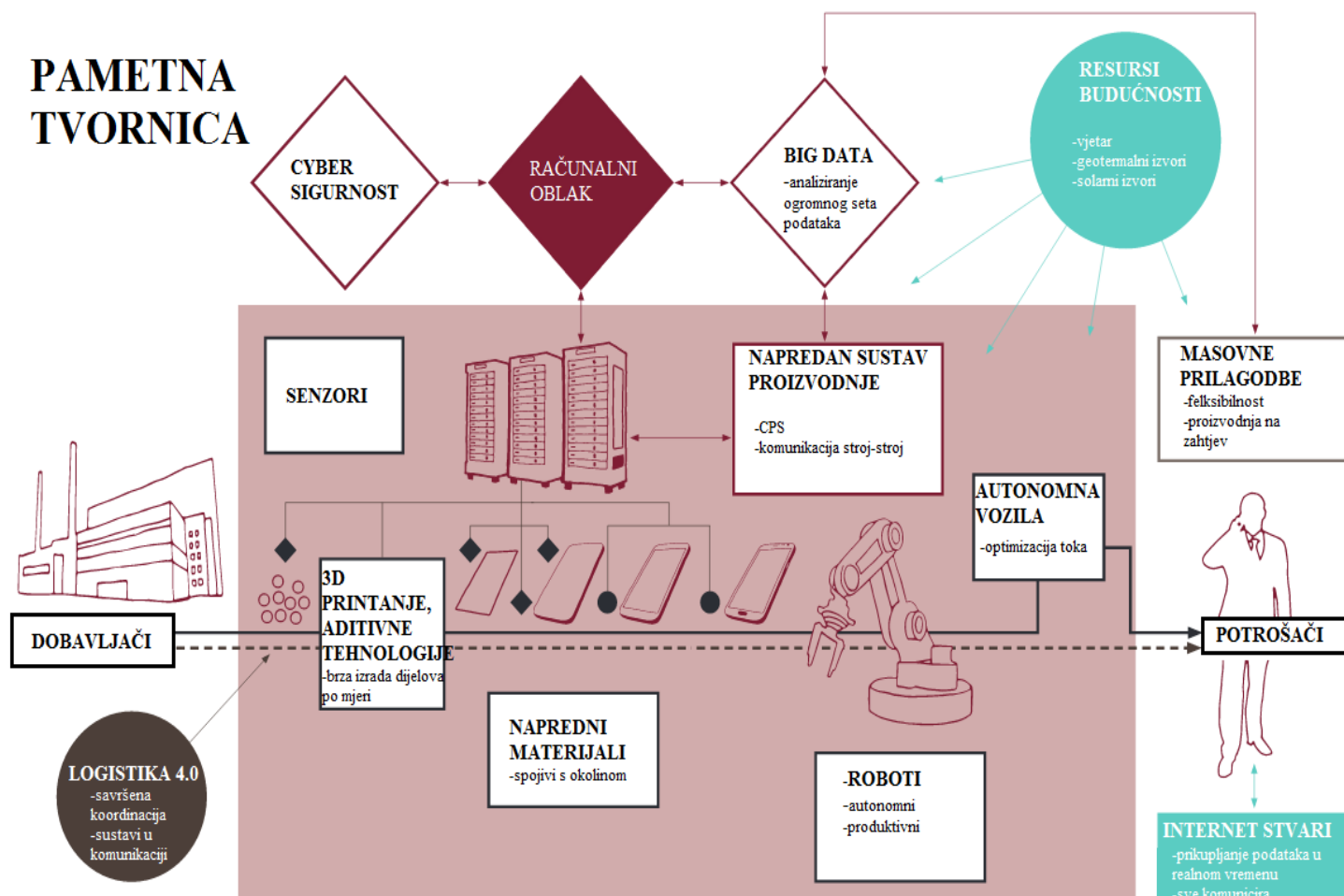
S Industrijom 4.0 se javlja i nekoliko novih pojmova kao što su: internet stvari, pametna tvornica, big data, računalni oblak, itd. Ove pojave nisu nastale odjednom nego se već neko vrijeme razvijaju.

3.2.1. Pametna tvornica (eng. smart factory)

U novoj, pametnoj tvornici svaki stroj dobiva instrukcije od dijela u izradi o načinu na koji treba biti obrađen. Glavni produkt pametne tvornice je pametni proizvod. Pametni proizvod zna kako se treba proizvesti, pamti tu informaciju nakon proizvodnje te je u stanju informirati kupca o optimalnim parametrima za njegovu uporabu. Dodana vrijednost pametnih proizvoda je da daju informacije o znakovima istrošenosti i mogućim lomovima pa kupac ima mogućnost na vrijeme prepoznati kvar. Sam izradak je moguće locirati u prostoru u bilo kojem trenutku. Proizvodnja teče tako da dio u izradi na svom čipu nosi operacijske parametre za svaku operaciju te tako ide od stroja do stroja. Sama struktura tvornice postaje decentralizirana. Pametna tvornica čini proizvodnju, koja će u budućnosti biti sve kompleksnija, lako upravljivom.

Najbitniji činioci pametne tvornice su:

- 1) Međusobna komunikacija.
- 2) Informacije ugrađene na dijelove u proizvodnji.
- 3) Samoorganizacija.
- 4) Proizvođač je i pružatelj usluga (usluga ne završava prodajom uređaja).
- 5) Pametni, personalizirani proizvod (svaki kupac može naručiti proizvod skrojen po njegovoj mjeri).



Slika 1. Pametna tvornica i njene značajke [3]

3.2.2. Internet stvari (eng. Internet of things)

Internet postaje sve dostupniji, cijene njegovog korištenja opadaju, sve je više uređaja u stanju bežično se spojiti na Internet (Wi-Fi), u njih se ugrađuje mnoštvo senzora, a pametni mobiteli su postali sastavni dio čovjekovog života. Sve ove stvari tvore preduvjete za pojavu Interneta stvari. Radi se o konceptu spajanja što je više moguće uređaja na Internet. Pod uređaje spada sve što posjeduje mogućnost spojiti se na mrežu: od mobitela ili slušalica, do u budućnosti aparata za kavu, kreveta, soba, itd... Glavna je zamisao spojiti preko interneta sve što se može spojiti te prikupljati informacije i upravljati uređajima iz daljine.

U Industriji 4.0 ovo predstavlja dovođenje interneta u najniže razine proizvodnje. U sustavu Interneta stvari se mogu pronaći informacije i o najmanjim sensorima ili uređajima. Svaki uređaj ima svoju IP (eng. Internet protocol) adresu koja se može pronaći u sustavu Interneta stvari. Najnovijim informacijama se može pristupiti s bilo kojeg mjesta.

Na Internetu stvari se mogu pronaći sve bitne informacije za rad poduzeća. Preko tog sustava su povezani svi objekti u tvornici (strojevi, roboti, senzori, upravljačke jedinice). Najveći problem ove brzorastuće tehnologije predstavlja pitanje sigurnosti.

3.2.3. „Big data“

Velika baza podataka se često smatra ogromnom neobrađenom sirovinom 21. stoljeća. Procjenjuje se da će se količina dostupnih podataka udvostručavati svakih 1,2 godine. Poduzeća budućnosti će proizvoditi ogromne količine podataka koji će se morati negdje spremati, obraditi i analizirati. „Big data“ sustav se bavi brзом i efikasnom obradom velikih setova podataka. On predočuje i vizualizira informacije u realnom vremenu. Pomoću dobivenih informacija iz tako velike količine podataka se može optimizirati kvaliteta proizvodnje, uštedjeti energija, poboljšati usluga. Sakupljanje i obrada ogromnih količina podataka će u budućnosti postati standard bez kojeg se ne mogu donijeti pravovaljane odluke u realnom vremenu.

3.2.4. Ostali pojmovi

Računalni oblak (eng. *Cloud computing*) je tehnologija koja omogućuje pohranu i razmjenu podataka putem interneta. Podaci su pohranjeni na poslužiteljima pružatelja usluge koji ujedno pruža uslugu povezivanja, pohrane i razmjene podataka.

Internet se odnosi na mrežu baziranu na ovim internetskim protokolima: www, ektranet putem interneta, EDI putem interneta, internet-ready mobilni telefoni.

CRM (eng. *Customer Relationship Management*) jest upravljačka metodologija koja stavlja klijenta u središte poslovne djelatnosti, bazirana je na intenzivnoj uporabi informacijskih tehnologija za prikupljanje, integriranje, obradu i analizu informacija vezanih za klijente.

Broadband su širokopojasne tehnologije ili veze koje omogućuju brz prijenos podataka, osobito filmova, igara, videokonferencija putem internetske mreže (npr. ADSL, kabelska veza, UMTS, optička veza, VDSL, unajmljeni vod).

Realno vrijeme (eng. *real time*) je naziv za kompjutorske sustave koji prikazu podatke u isto vrijeme kad ih i prime.

E-trgovina su transakcije koje se provode preko mreža računala baziranih na internetskom protokolu te preko ostalih računalnih mreža. Zaprimanje narudžbi dobara i usluga ostvaruje se putem navedenih mreža, ali samo plaćanje i konačna isporuka dobara i usluga mogu biti provedeni online ili offline. Narudžbe zaprimljene telefonom, telefaksom ili ručno pisanim elektroničkim porukama ne smatraju se e-trgovinom.

3.3. Značajke Industrije 4.0

3.3.1. Kibernetско-fizički sustav (eng. *Cyber-physical system- CPS*)

Kibernetско-fizički sustavi su sustavi koji povezuju fizički svijet (putem senzora) sa virtualnim, a zasnivaju se na međusobnoj integraciji računalnih algoritama i fizičkih komponenti. Računala preko mreže nadgledaju i kontroliraju fizičke procese koji onda preko povratnih petlji šalju podatke i utječu na računala i njihove proračune. Sve je povezano pomoću interneta s njegovim korisnicima. Novi sustav mijenja odnos između čovjeka i upravljivih sustava. Svi uređaji, strojevi, materijali su opremljeni sensorima i međusobno povezani komunikacijskim tehnologijama. Industrija 4.0 je zasnovana na uspješnom funkcioniranju ovog sustava. Sustav je u stanju sam sebe optimizirati, a time i sam proizvodni proces. Roboti i ljudi sada mogu usko surađivati bez straha od ozljeda za razliku od prijašnjih vremena kada su roboti bili odjeljeni od ljudi pomoću ograda.

Osnovne elemente kibernetско-fizičkog sustava čine:

- organizacija
- osoblje
- tehnologija

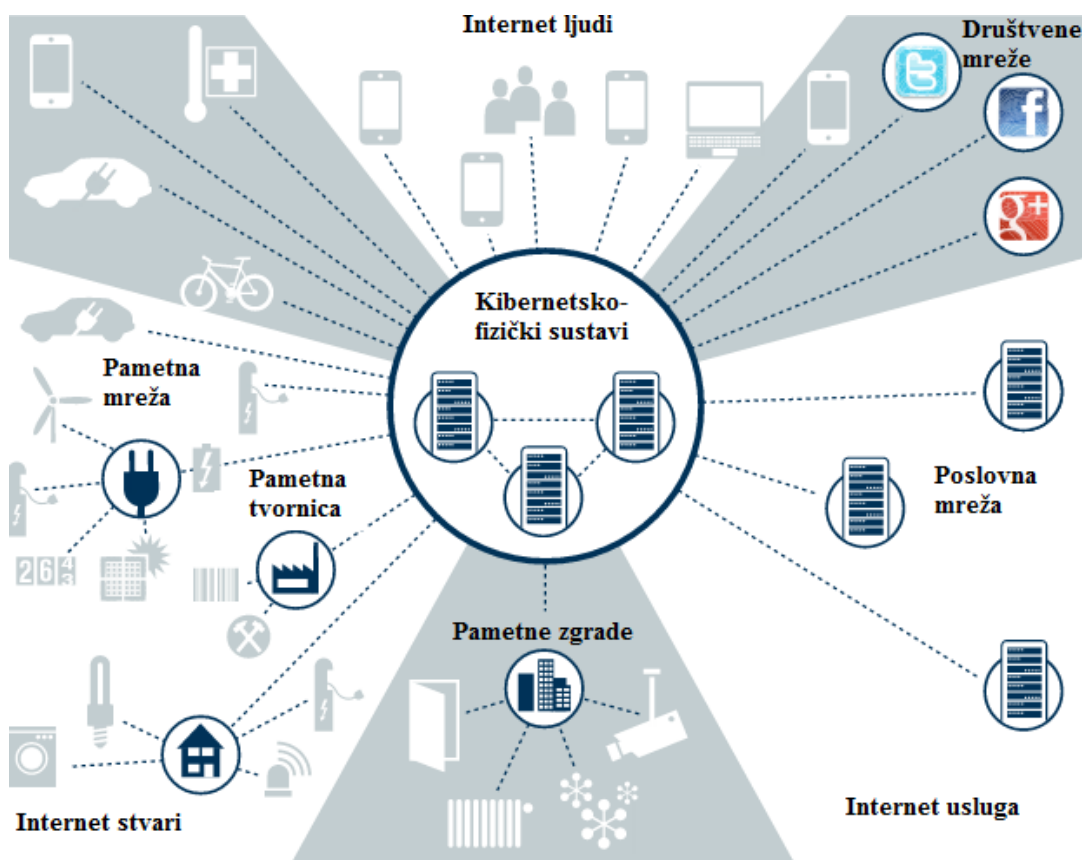
Dio poslova koji je čovjeku kompliciran, npr. kompleksni izračuni, obavljaju roboti, a čovjek obavlja poslove koji su njemu jednostavni, a robotima kompleksni- npr. hod od mjesta A do mjesta B. Informacijske tehnologije su ugrađene u strojeve, skladišne sustave i tvorničke resurse. Sve se kontrolira u realnom vremenu.

CPS sustav je u stanju:

- nadgledati i upravljati fizičkim i organizacijskim procesima
- integrirati različite tehničke discipline

- biti u interakciji s korisnicima
- kontinuirano optimizirati vlastitu izvedbu
- prilagoditi se na promjene u okolini

Na slici 2. je prikaz kibernetско-fizičkog sustava koji prikuplja informacije od svih sustava povezanih na Internet



Slika 2. Kibernetско-fizički sustav [4]

3.3.2. Umreženost

Na početku 21. stoljeća umreženost se smatrala luksuzom, no svakim danom postaje sve bitnije imati pristup internetu i biti u stanju komunicirati s cijelim svijetom. U Industriji 4.0 digitalni i „pravi“ svijet su povezani. Strojevi, radna mjesta i ljudi će konstantno izmjenjivati informacije putem interneta. Proizvodnja s međusobno umreženim strojevima postaje skladna: stroj dobiva u svakom trenutku informaciju o: operacijama na ostalim strojevima, vremenu dolaska određenog dijela do njega, itd. Čak su i proizvodi u stanju preko interneta komunicirati s transportnim sredstvima o idućim koracima. Umreženost može biti

uspostavljena između dva ili više poduzeća tako da proizvodni procesi budu što optimiraniji i usklađeniji vezano uz datume isporuke.

3.3.3. Energetska iskoristivost

Dijelovi proizvodnih linija ili strojeva koji ne rade se s dostupnošću novih tehnologija mogu jednostavno ugaziti, za razliku od starijih verzija strojeva koje rade iako ne proizvode ništa. Energija se može bolje iskoristiti tako da svaki radnik biva informiran u realnom vremenu o tome koliko koji proces troši energije i na koje se načine ona može uštedjeti. Sve se intenzivnije razvija i tehnologija skladištenja energije (npr. baterije).

3.3.4. Fleksibilnost

U današnjem tipu proizvodnje lansiranje novog proizvoda uzima previše vremena. To zahtjeva: sate prilagodbi, probe, puno radnika i mnoge neočekivane troškove. Dan izgubljen uslijed zastoja proizvodnje vuče za sobom velike gubitke. U Industriji 4.0 će se taj cijeli proces odvijati u „virtualnoj proizvodnji“ tako da se ne gubi vrijeme u namještanju proizvodnih parametara. Svi se procesi prije dolaska u proizvodnju prvo simuliraju, a nakon provjere kvalitete simulacije se ti podaci šalju u sustav zadužen za kontroliranje proizvodnje. Probna planiranja proizvodnje na ovaj način su uspjela skratiti uspostavljanje automatizirane proizvodne linije s 3 mjeseca na 3 dana.

Također će doći i do povećane fleksibilnosti u radnom vremenu. Više neće biti nužno za radnike da budu prisutni na jednom te istom mjestu 8 sati na dan, već će posao moći obavljati i s drugih lokacija. Ovo znači da će ovakvim radnim uvjetima biti moguće zapošljavanje najboljih radnika.

3.3.5. Pametni strojevi i roboti

Roboti posjeduju sve veći stupanj inteligencije te su sposobni prilagoditi se i komunicirati s okolinom. Pametni strojevi i roboti su u stanju bez zaštitne ograde usko surađivati sa zaposlenicima bez straha od njihovog ozljeđivanja.

3.3.6. Povećana produktivnost

S povećanjem iskoristivosti u proizvodnji dolazi i povećanje produktivnosti. U Industriji 4.0 je moguće proizvesti jako malu količinu proizvoda, a da se ne gubi profit. CPS provodi kontinuirano optimiziranje proizvodnje, što znači da stalno traži načine kako proizvesti što više sa što manje ulaznih resursa. U idućih 5 do 10 godina se očekuje povećanje produktivnosti u iznosu 5 do 8 %. Najveća se poboljšanja očekuju u automobilske industriji.

3.3.7. Horizontalna i vertikalna integracija

Horizontalna integracija se odnosi na integraciju različitih IT sustava korištenih u različitim fazama proizvodnje i procesa planiranja proizvodnje koji uključuju razmjenu materijala, energije i informacija unutar poduzeća i između različitih poduzeća. Vertikalna integracija se odnosi na integraciju različitih IT sustava na različitim hijerarhijskim razinama (senzori-kontrolni sustav-menadžment proizvodnje-planiranje strategije poduzeća) s ciljem postizanja najboljeg rješenja. Ukratko, horizontalna i vertikalna integracija spajaju u poduzećima odjele kao što su: proizvodnja, održavanje, inženjering, a izvan poduzeća spajaju: dobavljače, poduzeća i potrošače.

3.3.8. Cyber-sigurnost

S povećanom međupovezanosti putem interneta svih objekata u proizvodnji raste i opasnost od hakiranja i zloupotrebe velike količine prikupljenih podataka. Stoga je potrebno uspostaviti pouzdan sustav mrežne povezanosti i onemogućiti ne dopuštene upade u baze podataka. Cyber-sigurnost predstavlja velik, rastući, globalni problem, kažu stručnjaci. Prijetnje su moguće u vidu: krađa poslovnih tajni i intelektualnog vlasništva, namjerne promjene podataka te poremećaja u kontroli poslovnih procesa. Spajanje strojeva na Internet sa sobom donosi mnoštvo ranjivosti, na koje se često ne obraća velika pažnja. Može se dogoditi da haker upadne u bazu podataka u kojoj se nalaze parametri obrade i dimenzije obratka te ih nesmetano otuđi.

3.3.9. 3D printanje ili aditivne tehnologije

Poduzeća još uvijek otkrivaju načine na koje se ova nova tehnologija može sve koristiti. U današnjoj se proizvodnji koristi uglavnom za izradu prototipova ili individualnih sitnih komponenti. S razvojem Industrije 4.0, 3D printanje će se koristiti i za izradu linija proizvoda koje su rađene točno po željama kupaca. Ova tehnologija nudi jednostavnu mogućnost izrade najkompliciranijih oblika povoljnih tehničkih karakteristika po relativno niskoj cijeni. Prednost 3D printera je i ta da se ne moraju nalaziti u tvornicama, nego mogu biti raspoređeni na različitim lokacijama te tako bitno smanjiti troškove transporta.

3.3.10. Novi poslovni modeli

Tko se nije u stanju digitalizirati, biva ostavljen iza konkurencije i prepušta višak dodane vrijednosti konkurenciji koja je prošla kroz proces digitalizacije. Poslovi moraju biti u

stanju podnijeti promjene u zadnji čas. Novi poslovni model kojeg donosi Industrija 4.0 će malim i srednjim poduzećima učiniti dostupnijima softverske usluge i sustave koji u postojećim poslovnim uvjetima nisu na dohvat ruke. Sve informacije se dobivaju u realnom vremenu, pa je lakše nadzirati i dokazati radi li se određeni posao po dogovorenom ugovoru (npr. ima li kašnjenja i zašto). Problem po zakonodavca a i poduzeća tvore stalno mijenjajuće tehnologije i inovacije jer je nužan zakonski okvir za uporabu novih tehnologija. Ako se novi zakonski okviri donose prebrzo, postoji mogućnost da će biti nekvalitetni, a samim time i otvoreni za zlouporabu.

3.3.11. Decentralizacija

Kibernetско-fizički sustavi su u stanju samostalno donositi odluke i proizvoditi zahvaljujući 3D printerima. Procesi će u budućnosti upravljati sami sobom u modularnom sustavu u kojem neće biti potrebna centralna figura koja odgovara za sve. Decentralizacija je posljedica sve veće fleksibilnosti, a samim time i kompleksnosti proizvodnje. Za obradu tolike količine podataka bi bio potreban jako kompleksan centralni sustav.

3.3.12. Brz odziv na promjenu

S uvođenjem koncepta Industrije 4.0 dolazi i do bržeg i boljeg donošenja odluka. S međusobnom povezanosti uređaja, podaci koje oni generiraju brzo prolaze kroz softversku obradu dajući informacije, na temelju kojih stručnjaci donose pravovremene odluke. S obzirom na velike količine podataka, odluke se sve češće donose na temelju znanja i iskustva, a ne na temelju metode pokušaja i pogrešaka. Bolje odluke za sobom vuku manje pogrešaka i škarta. U takvom sustavu menadžerima će biti omogućen u svakom trenutku uvid u stanje tvornice.

Najveći izazov za menadžere će biti u određivanju:

- koje podatke prikupljati
- tko treba dobiti na uvid informacije izvađene iz tih podataka
- kako iskoristiti tu informaciju
- najbolje odluke

S brzim odzivom na promjenu u najvećoj mjeri profitira kupac. Razvojem tehnologije je omogućeno mijenjanje mišljenja i narudžbe u zadnji trenutak jer je odziv na promjenu brz.

4. SPREMNOST HRVATSKE ZA INDUSTRIJU 4.0

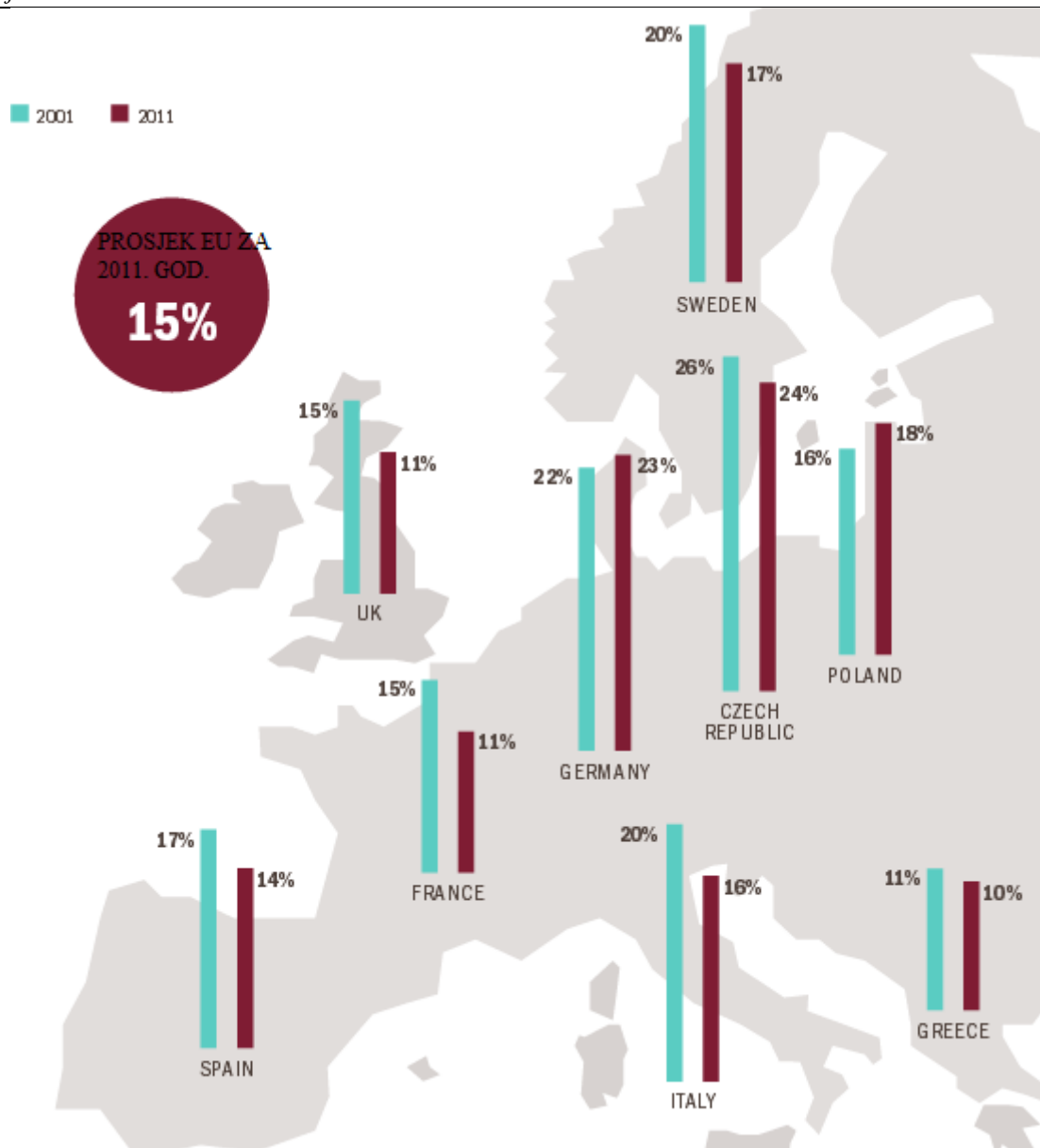
4.1. Vrijednosni pokazatelji stanja gospodarstva u Republici Hrvatskoj

Sudjelovanje Republike Hrvatske u svjetskoj ekonomiji i novim tehnološkim trendovima zahtjeva jaku orijentaciju prema inovativnom društvu i digitaliziranom gospodarstvu zasnovanim na znanstvenom i tehnološkom razvitku. Taj razvitak je zasnovan na:

- radnoj okolini otvorenoj za inovacije
- sposobnosti za razvoj intelektualnog vlasništva
- spremnosti na prilagodbu novim vrstama poslova, novim zakonima i ekonomskim modelima
- održivom razvoju
- prepoznatljivom i konkurentnom školskom sistemu
- novom zakonskom okviru i etičkim normama
- socijalnoj osjetljivosti uslijed tehnološkog razvoja

Industrija 4.0 je odlična prilika za Hrvatsku da modernizira svoju proizvodnju, ali i društvo u cjelini. Krajem 90-ih godina 20. stoljeća udio proizvodne industrije u ukupnoj bruto dodanoj vrijednosti zemlje iznosio je 20 %. Sad on iznosi malo ispod 15 %. Hrvatska ima industrijsku tradiciju, prirodne uvijete i okoliš te pogodan geostrateški položaj koji ju stavlja u dobru poziciju za uvođenje Industrije 4.0. Prvenstveni cilj je digitalizirati Hrvatsku što bi za sobom vuklo rast: konkurentnosti, produktivnosti, zaposlenosti, iskoristivosti tvorničkih resursa i povećanje ukupne bruto dodane vrijednosti [1].

Nije samo u Hrvatskoj došlo do pada industrijske proizvodnje, tj. udjela industrijske proizvodnje u ukupnoj bruto dodanoj vrijednosti države, unazad zadnjih 20 godina. Na slici 3. je vidljivo kako zapadno-europske zemlje od 2001. do 2011. bilježe zamjetan pad industrijske proizvodnje. U tim zemljama, poglavito nekad velikim industrijskim zemljama- Engleskoj i Francuskoj, započeo je proces deindustrijalizacije. Njemačka i Poljska su rijetke veće europske zemlje koje bilježe rast udjela industrijske proizvodnje u ukupnoj bruto dodanoj vrijednosti.



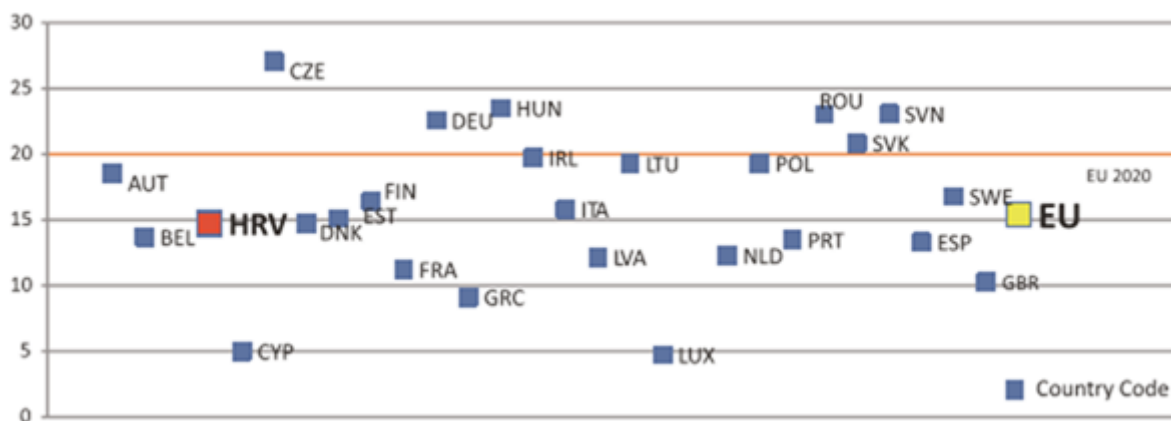
Slika 3. Udio industrijske proizvodnje u ukupnoj dodanoj vrijednosti za istaknutije europske zemlje u periodu od 2001. do 2011. god. [3]

Upravo je Njemačka glavni europski inicijator i zagovarač Industrije 4.0. Cilj im je prigrлити blagodati koje nose nova tehnološka otkrića te tima smanjiti zaostatak za SAD-om i Kinom u digitalnom sektoru.

4.1.1. Stanje proizvodne industrije u RH s obzirom na udio u ukupnoj bruto dodanoj vrijednosti

Industrijski sektor u Republici Hrvatskoj sačinjava 15% ukupne bruto dodane vrijednosti (eng. *total gross value added*) države, što svrstava Hrvatsku u prosječno industrijski razvijenu europsku zemlju. Ukupna bruto dodana vrijednost je mjera produktivnosti koja mjeri vrijednost svih proizvedenih proizvoda, koja se umanjuje za cijenu koštanja sirovina i svih ulaznih stavki za izradu proizvoda. Europska komisija je 2012. godine zadala zadatak svojim članicama da do 2020. godine industrijska proizvodnja zauzima 20 % udjela u ukupnoj bruto dodanoj vrijednosti svake države članice. Europska unija je 2010. godine predstavila plan „High-tech strategy 2020“, čiji je glavni cilj osnaženje suradnje između znanosti i industrije, kako bi se povećale šanse za inovacije u područjima industrije, klime, energije, mobilnosti, sigurnosti i komunikacija. Jedan od glavnih projekata iz tog plana je Industrija 4.0, koja se rađa kao odgovor na brz znanstveni i tehnološki razvoj društva.

Pogonsku silu iza Industrije 4.0 čini digitalizacija gospodarstva i društva u cjelini kako bi se: potakle inovacije, maksimizirala produktivnost, optimizirao proces donošenja odluka, personalizirala proizvodnja, povećala energetska učinkovitost i iskoristili svi resursi poduzeća. Inteligentni digitalni proizvodni procesi su odlična prilika za malo i srednje poduzetništvo, koje Republika Hrvatska smatra najbitnijim segmentom gospodarstva.



Slika 4. Udio industrijske proizvodnje u ukupnoj bruto dodanoj vrijednosti za zemlje članice EU za 2015. godinu [1]

Slika 4. nam kazuje kako se Hrvatska nalazi u europskom prosjeku po udjelu industrijske proizvodnje u ukupnoj bruto dodanoj vrijednosti. Za Hrvatsku on iznosi 14,75 %, dok za Europsku uniju iznosi 15,4 %. Cilj je doseći 20 % do 2020. god.

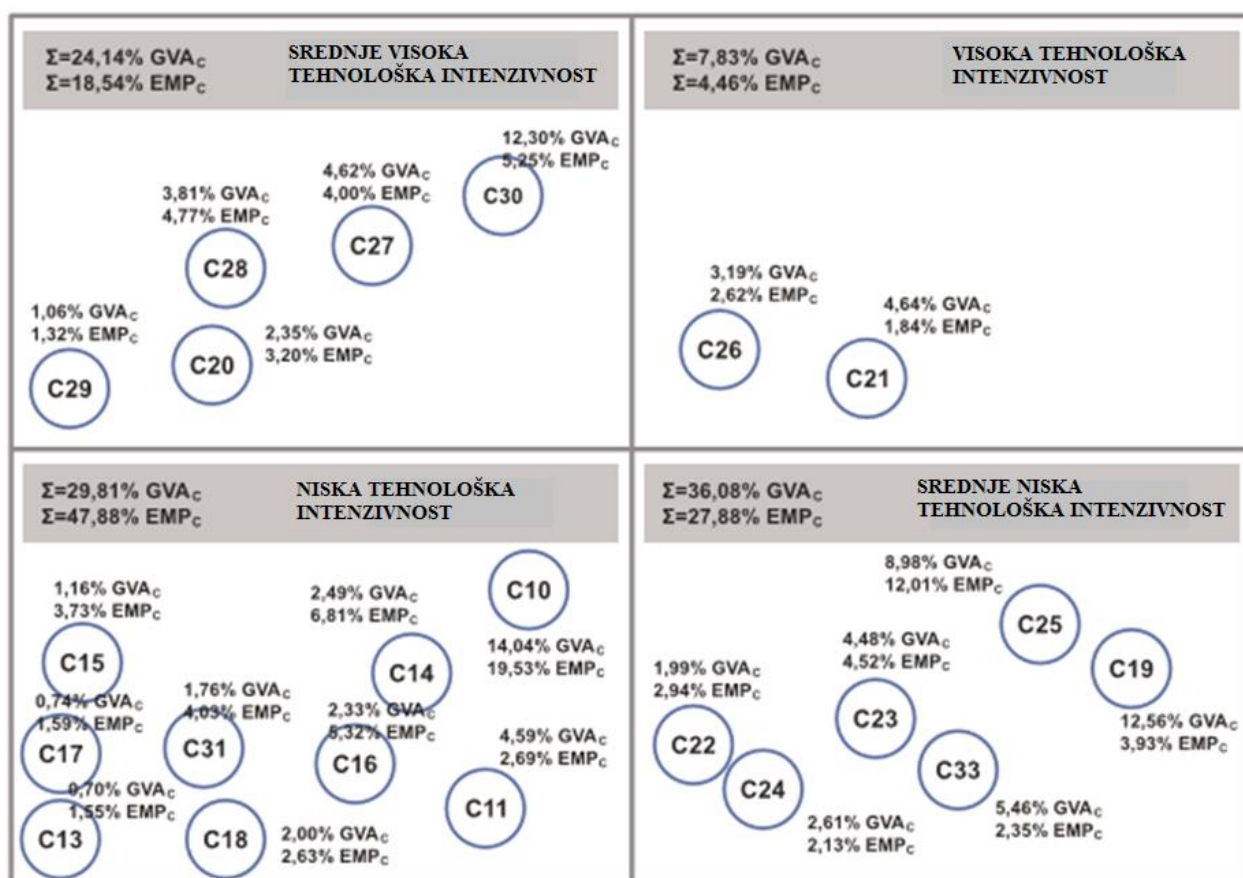
Tablica 2. Popis djelatnosti prerađivačke industrije poredanih po tehnološkoj intenzivnosti [9].

Djelatnost (NKD 2007.)	Tehnološka intenzivnost	Udio izvoza u ukupnom prihodu svake djelatnosti, %	Udio bruto dodane vrijednosti u ukupnoj dodanoj vrijednosti u proizvodnji, %	Udio broja osoba zaposlenih u proizvodnji, %
C-prerađivačka industrija		34,54	100	100
C21-Proizvodnja osnovnih farmaceutskih proizvoda i farmaceutskih pripravaka	Visoka	61,65	4,64	1,84
C26-Proizvodnja računala te elektroničkih i optičkih proizvoda	Visoka	41,27	3,19	2,62
C20-Proizvodnja kemikalija i kemijskih proizvoda	Srednje visoka	45,06	2,35	3,20
C27-Proizvodnja električne opreme	Srednje visoka	53,14	4,62	4,00
C28-Proizvodnja strojeva i uređaja	Srednje visoka	52,47	3,81	4,77
C29-Proizvodnja motornih vozila, prikolica i poluprikolica	Srednje visoka	54,35	1,06	1,32
C30-Proizvodnja ostalih prijevoznih sredstava	Srednje visoka	31,60	12,30	5,25
C19-Proizvodnja koksa i rafiniranih naftnih proizvoda	Srednje niska	32,223	12,56	3,93
C22-Proizvodnja proizvoda od gume i plastike	Srednje niska	0,748	1,99	2,94
C23-Proizvodnja ostalih nemetalnih mineralnih proizvoda	Srednje niska	1,521	4,48	4,52
C24-Proizvodnja metala	Srednje niska	1,322	2,61	2,13

Djelatnost (NKD 2007.)	Tehnološka intenzivnost	Udio izvoza u ukupnom prihodu svake djelatnosti, %	Udio bruto dodane vrijednosti u ukupnoj dodanoj vrijednosti u proizvodnji, %	Udio broja osoba zaposlenih u proizvodnji, %
C25-Proizvodnja gotovih metalnih proizvoda, osim strojeva i opreme	Srednje niska	2,237	8,98	12,01
C33-Popravak i instaliranje strojeva i opreme	Srednje niska	4,090	5,46	2,35
C10-Proizvodnja prehrambenih proizvoda	Niska	0,998	14,04	19,53
C11-Proizvodnja pića	Niska	1,002	4,59	2,69
C13-Proizvodnja tekstila	Niska	1,106	0,70	1,55
C14-Proizvodnja odjeće	Niska	3,152	2,49	6,81
C15-Proizvodnja kože i srodnih proizvoda	Niska	1,342	1,16	3,73
C16-Prerada drva i proizvoda od drva i pluta, osim namještaja; proizvodnja proizvoda od slame i pletarskih materijala	Niska	1,342	2,33	5,32
C17-Proizvodnja papira i proizvoda od papira	Niska	1,211	0,74	1,59
C18-Tiskanja i umnožavanje snimljenih zapisa	Niska	0,785	2,00	2,63
C31-Proizvodnja namještaja	Niska	2,059	1,76	4,03

U tablici 2. su poredane prerađivačke industrije u Hrvatskoj po razini tehnološke intenzivnosti. Pošto je Hrvatska malo gospodarstvo, potrebno je izvoziti proizvedenu robu. U tom segmentu najbolje stoji tehnološki najintenzivnija industrija- C21 s izvozom koji čini 61,65 % ukupnih prihoda te djelatnosti. Iz tablice se također može zaključiti da što je

djelatnost tehnološki intenzivnija da je udio zaposlenih u toj industriji manji. Ovaj podatak je povezan s automatiziranošću proizvodnje, što znači da tehnološki intenzivnija poduzeća nemaju potrebu zapošljavati velik broj radnika jer su roboti u stanju obavljati dio poslova. Najprihodovnije prerađivačka industrijska grana po GVA_C -u je C10- Proizvodnja prehrambenih proizvoda. No, iako je najveći pojedinačni doprinosioc u ukupnoj bruto dodanoj vrijednosti hrvatske industrije, proizvodnja prehrambenih proizvoda spada u tip industrije s malom tehnološkom intenzivnošću. Detaljnije o tome može se vidjeti na slici 5.



Slika 5. Tehnološka snaga hrvatske industrije za 2012. godinu [1]

Po podacima iz 2012. godine napravljena je podjela grana hrvatske industrije na 4 dijela, gledano po tehnološkoj snazi. GVA_C (eng. *gross value added*) predstavlja udio pojedine industrije u ukupnoj bruto dodanoj vrijednosti cjelokupne industrije za Hrvatsku. EMP_C (eng. *employment ratio*) isto tako predstavlja udio zaposlenih u pojedinoj industriji naspram svih zaposlenih u cjelokupnoj industriji Hrvatske. Na slici 5. vidljivo je da samo dvije industrijske grane u Hrvatskoj spadaju u tehnološki razvijene (eng. *High TI*): C26

(Proizvodnja računala te elektroničkih i optičkih proizvoda) i C21 (Proizvodnja osnovnih farmaceutskih proizvoda i farmaceutskih pripravaka). Taj nam je pokazatelj bitan jer su samo grane s najnovijom tehnologijom sposobne implementirati Industriju 4.0. Također je vidljivo da C25 (Proizvodnja gotovih metalnih proizvoda, osim strojeva i opreme), C10 (Prehrambena industrija), C30 (Proizvodnja ostalih prijevoznih sredstava), C27 (Proizvodnja električne opreme) imaju potencijala za prijelaz u rang industrija s razvijenom tehnologijom, no za to je potrebno povećati ulaganja u sredstva za razvoj. Poredak industrija u Republici Hrvatskoj po GVA_C -u i EMP_C -u se može vidjeti u tablici 3.

Tablica 3. Poredak industrija u Republici Hrvatskoj po GVA_C -u i $EMPC$ -u [1]

Poredak industrija po GVA_C -u	%	Poredak industrija po EMP_C -u	%
1. C10 (prehrambena industrija)	14,04	1. C10 (prehrambena industrija)	19,53
2. C25 (proizvodnja metalnih proizvoda)	8,98	2. C25 (proizvodnja metalnih proizvoda)	12,01
3. C33 (popravak i instalacija strojne opreme)	5,46	3. C14 (proizvodnja odjeće)	6,81
4. C21 (farmaceutska industrija)	4,64	4. C16 (proizvodnja drvnih proizvoda, osim namještaja)	5,32
5. C11 (industrija pića)	4,59	5. C30 (proizvodnja vozila)	5,25
6. C23 (proizvodnja ne metalnih proizvoda)	4,48	6. C28 (proizvodnja strojeva i opreme)	4,77
7. C27 (proizvodnja elektroničkih komponenti)	4,62	7. C23 (proizvodnja ne metalnih proizvoda)	4,52
8. C28 (proizvodnja strojeva i opreme)	3,81	8. C27 (proizvodnja elektroničkih komponenti)	4,00
9. C22 (proizvodnja gumenih i plastičnih proizv.)	1,99	9. C31 (proizvodnja namještaja)	4,03
10. C16 (proizvodnja drvnih proizvoda, osim namještaja)	2,33	10. C19 (proizvodnja koksa i rafiniranih naftnih proizvoda)	3,93

Iz tablice 3. se može primijetiti da je prehrambena industrija dominantna i po prihodima i po broju zaposlenih. Nijedna od 2 industrijske grane s visokim tehnološkim intenzitetom, C21 i C26 ne spada u prvih 10 industrija po broju zaposlenih. Grane industrije koje su relativno blizu prelaska u područje visoko-intenzivnih industrija: C10, C21, C25, C27 spadaju u hrvatski vrh po zaposlenosti.

4.1.2. Razina industrijske razvijenosti

Provedeno je istraživanje na 159 hrvatskih proizvodnih poduzeća s ciljem da se procijeni razina industrijske razvijenosti. Napravljen je upitnik sa 9 pitanja (1. stupac) i 4

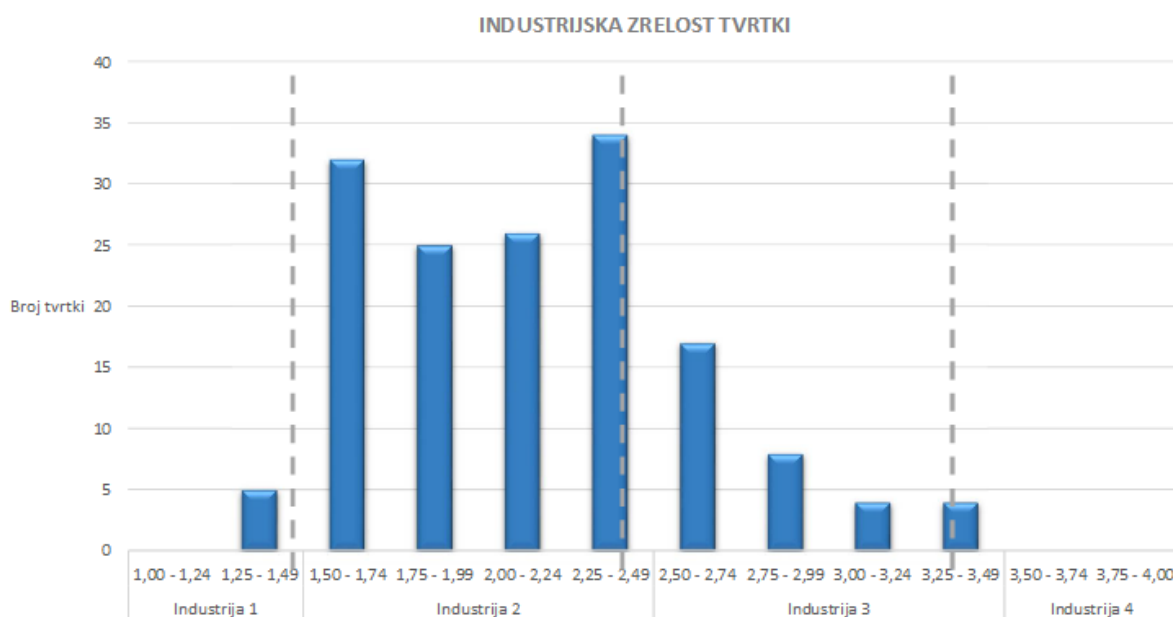
odgovora na svako pitanje. Svaki odgovor je karakterističan za pojedinu razinu industrijske razvijenosti, od 1 do 4. Upitnik je prikazan u obliku tablice (tablica 4.).

Tablica 4. Upitnik o razvijenosti industrije u Hrvatskoj [2]

	Industrija 1	Industrija 2	Industrija 3	Industrija 4
Razvoj proizvoda	Pomoću CAD sustava	Pomoću CAD sustava	Upotreba digitalne tvornice (Digital factory) i simulacije pri razvoju proizvoda	Koristi se virtualna stvarnost, 3D skeniranje i brz razvoj prototipova
Tehnologija	Ručna obrada ili ručna montaža	CNC obradni strojevi i/ili automatizirana obradna linija	CNC obradni strojevi i/ili automatizirana obradna linija	Moderni obradni centri s automatiziranim transportom i/ili robotske stanice na automatiziranoj proizvodnoj liniji
Upravljanje proizvodnjom	Usmena komunikacija čovjek-čovjek (rukovoditelj objašnjava radni nalog radnicima)	Pismena komunikacija čovjek-čovjek (rukovoditelj predaje pisani nalog radnicima)	Komunikacija čovjek-stroj (radnik upravlja CNC obradnim strojevima ili proizvodnom linijom)	Intranet komunikacija (putem vlastite računalne mreže)
Praćenje proizvoda	Nema evidencije o prolasku proizvoda kroz proizvodni proces	Proizvod ili transportni sanduk ima pričvršćen papir na koji se zapisuje kada i što je rađeno	Proizvod ili transportni sanduk ima zalijepljen barkod koji se ručno očitava na svakom radnom mjestu	Proizvod ili transportni sanduk ima RFID-tah koji se automatski očitava na svakom radnom mjestu
Upravljanje zalihama materijala	Na temelju dostupnih podataka se može donekle procijeniti koliko sirovine, dijelova i proizvoda trenutno ima u ulaznom skladištu te pojedinim međuskladištima u proizvodnji	Na temelju dostupnih podataka se može donekle procijeniti koliko sirovine, dijelova i proizvoda trenutno ima u ulaznom skladištu te pojedinim međuskladištima u proizvodnji	U bazi podataka na računalnom serveru može se očitati koliko sirovine, dijelova i proizvoda trenutno ima u ulaznom skladištu te pojedinim međuskladištima u proizvodnji	U aplikaciji na smartphone ili tablet uređaju može se očitati koliko sirovine, dijelova i proizvoda trenutno ima u ulaznom skladištu te pojedinim međuskladištima u proizvodnji

	Industrija 1	Industrija 2	Industrija 3	Industrija 4
Upravljanje zalihama gotovih proizvoda	Na temelju dostupnih podataka se može donekle procijeniti koliko gotovih proizvoda trenutno ima u izlaznom skladištu	Na temelju dostupnih podataka se može donekle procijeniti koliko gotovih proizvoda trenutno ima u izlaznom skladištu	U bazi podataka na računalnom serveru može se očitati koliko gotovih proizvoda trenutno ima u izlaznom skladištu	U aplikaciji na svom smartphone ili tablet uređaju može se očitati koliko gotovih proizvoda trenutno ima u izlaznom skladištu
Osiguranje kvalitete	Kontrola proizvoda na kraju proizvodnog procesa	Međufazna kontrola (samokontrola) tijekom cjelokupnog procesa	Upravljanje kvalitetom prema konceptu Cjelokupnog upravljanja kvalitetom (Total Quality Management- TQM)	Upravljanje kvalitetom prema konceptu Six Sigma
PLM- upravljanje cjeloživotnim ciklusom proizvoda (eng. <i>Product Lifecycle Management</i>)	Prisutna je podjela u odjele prema funkcijama (PC i softveri se nalaze u pojedinim odjelima (CAD, CAM, PPC))	Prisutna je podjela u odjele prema funkcijama (PC i softveri se nalaze u pojedinim odjelima (CAD, CAM, PPC))	Pojedini odjeli su integrirani putem Računalom integrirane proizvodnje (Computer Integrated Manufacturing- CIM)	Integracija PLM, planiranje resursa poduzeća (Enterprise Resource Planning- ERP) i (Management Execution System- MES) preko Informacijske okosnice (Information backbone) i Oblaka (Cloud)
TPS/GALP (eng. <i>Toyota Production System- TPS</i>), (eng. <i>Green and Lean Production- GALP</i>)	Ne koriste se ni TPS ni GALP principi	Ne koriste se ni TPS ni GALP principi	Koriste se pojedini elementi TPS i GALP (npr. Kaizen, 5S, Just-In-Time, Value Stream Mapping, Jidoka i dr.)	TPS i GALP principi uvedeni su kroz cijeli poslovni proces-tzv. Lean Management 2.0 (npr. softverska aplikacija za Kaizen preko smart mobitela)

Iz upitnika se dobio rezultat o općem stanju hrvatske industrije. Prosječna ocjena razvijenosti hrv. industrije na temelju ovog upitnika iznosi 2,15, što znači da je hrvatska industrija, općenito gledano, još uvijek vrlo daleko od prihvaćanja i implementiranja koncepta Industrije 4.0.



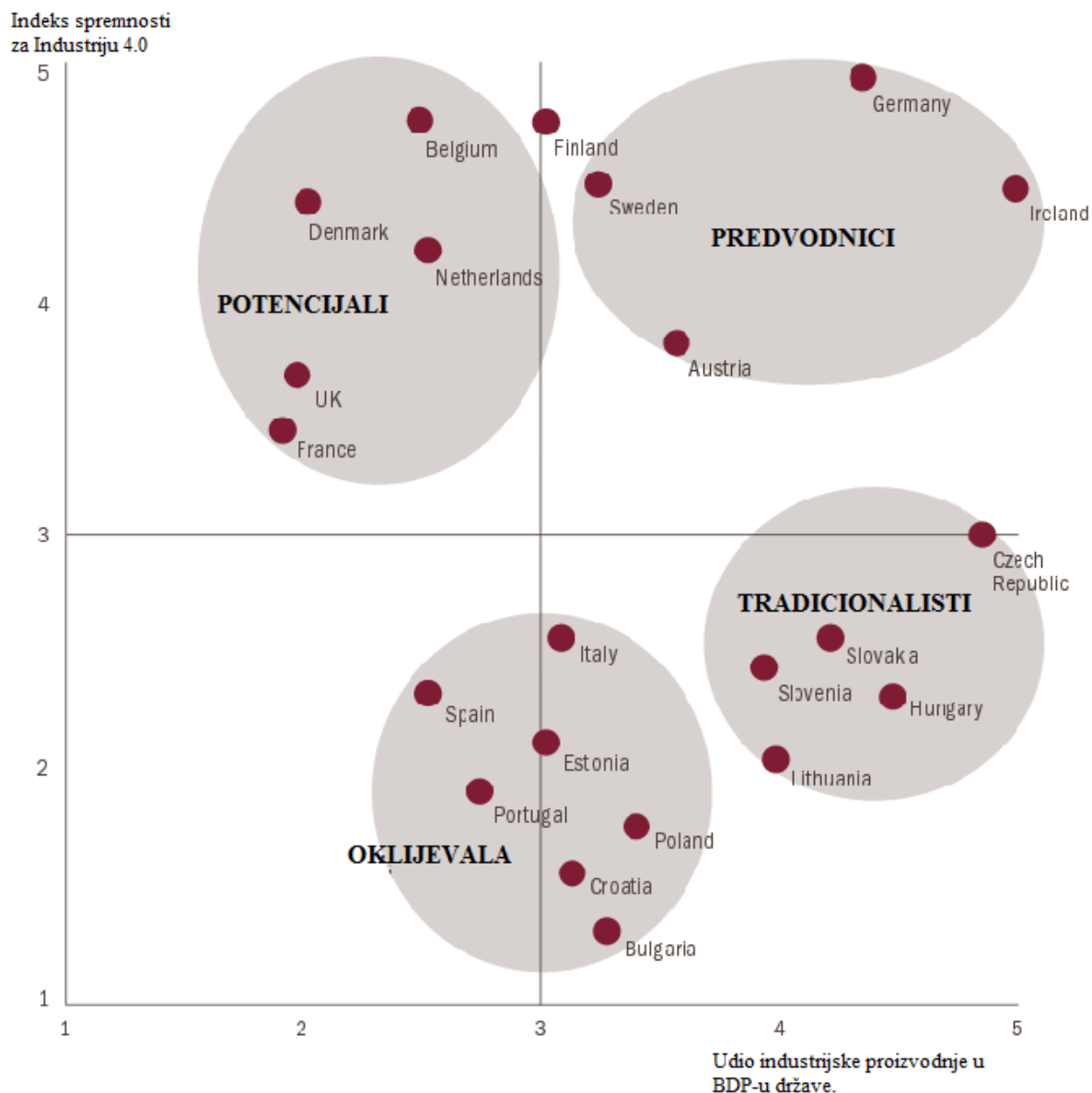
Slika 6. Industrijska razvijenost hrvatskih tvrtki [2]

Poduzeća su razvrstana u 4 grupe po razvijenosti, od najslabije do najbolje razvijenih (slika 6.). Najveći broj poduzeća još nije uvijek nije blizu razini za prelazak na Industriju 4.0. Ipak, valja zamijetiti kako oko 5% ispitanih poduzeća nije daleko od primjenjiva modernih kocepata.

U Njemačkoj je provedeno istraživanje o angažiranosti poduzeća oko Industrije 4.0 i 47% ih je odgovorilo da već aktivno implementiraju koncepte nove industrijske revolucije [4].

Detaljnou analizom odabranih poduzeća zaključeno je da su poduzeća svjesna svojih osnovnih slabosti: zaposlenici ne mogu pratiti napredak tehnike i organizacije, te za njima zaostaju čak i više nego što analizirana poduzeća smatraju. No, s druge strane, uzimajući u obzir da su rijetka poduzeća čiji zaposlenici provedu više od 5 dana godišnje na usavršavanju, te da 95% poduzeća nema sustavno riješenu prekvalifikaciju zaposlenika, može se zaključiti da poduzeća trenutno nedovoljno rade na usavršavanju i napretku svojih zaposlenika [5].

Prema istraživanju Roland Bergera Hrvatska je daleko od zemlje spremne za Industriju 4.0 te je svrstana u skupinu „oklijevala“ (slika 7.).



Slika 7. Odnosi između udjela industrije u BDP-u i spremnosti na uvođenje Industrije 4.0 europskih država [3]

Na slici 7. možemo vidjeti da je Hrvatska u europskoj sredini po udjelu industrijske proizvodnje u BDP-u države, ali da je na samom europskom dnu što se tiče spremnosti za Industriju 4.0.

Iduća tablica (tablica 5.) daje uvid u neke od najbitnijih industrijskih parametara, ali i služi kao dokaz o velikom negativnom utjecaju Svjetske financijske krize iz 2008. godine na hrvatsku industriju.

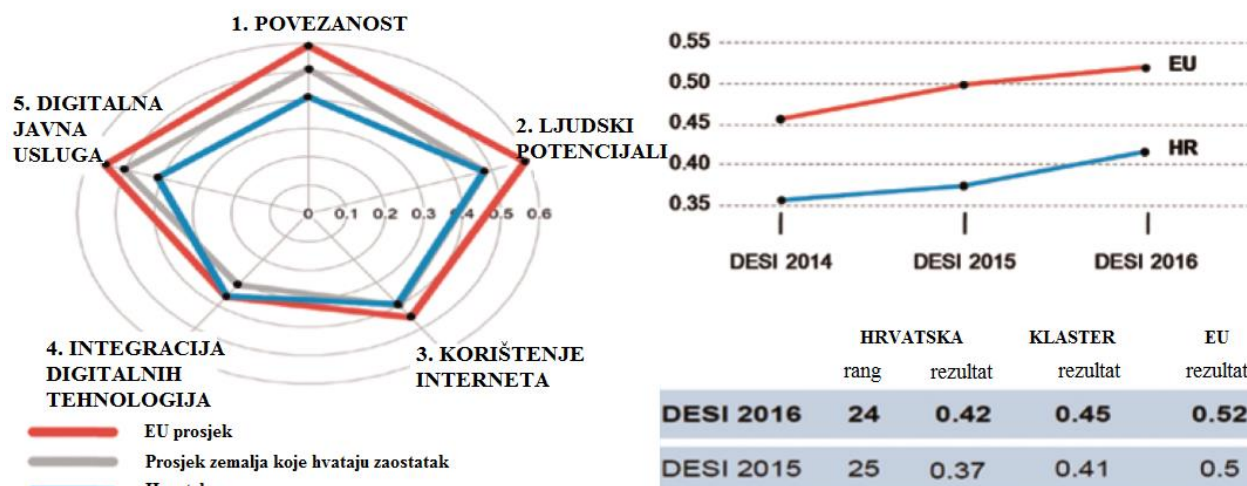
Tablica 5. Promatrani industrijski parametri [6]

Godina	Zaposleni u industriji, 2010. god.=100	Indeks fizičkog obujma ind. proizvodnje, 2010. god.=100	Vrijednost ind. proizvoda prema NIP-u, tisuće kn	Pokrivenost uvoza izvozom, %
2009	107,8	101,4	116 906 179	49,5
2010	100	100	121 613 404	58,8
2011	96	98,8	129 815 663	58,9
2012	91,9	93,3	130 437 532	59,4
2013	87,5	91,6	123 052 318	58,1
2014	86,1	92,7	121 365 680	60,5
2015	85,6	95,2	123 698 013	62,4

Broj zaposlenih u industriji se smanjio u odnosu na 2009. godinu (- 21%), kao i obujam industrijske proizvodnje (-6 %). Porasle su: vrijednost industrijskih proizvoda (+5 %) i pokrivenost uvoza izvozom (+26 %). Iz tablice 5. se može zaključiti da je Hrvatska profitirala ulaskom u EU što se tiče izvoza, a povećanje vrijednosti industrijskih proizvoda unazad 7 godina se može pripisati inflaciji cijena.

4.1.3. Razina digitalizacije gospodarstva i društva

Po indeksu digitaliziranosti gospodarstva i društva (eng. *digital economy and society index*- DESI) Republika Hrvatska doživljava rast u 4 od 5 mjerenih područja unazad zadnjih godinu dana. DESI je kombinirani indeks koji zbraja sve relevantne indikatore povezane s digitaliziranosti unutar EU i prati razvoj zemalja članica u digitalnoj konkurentnosti. Hrvatska je zabilježila rast u povezanosti, ljudskom potencijalu, korištenju interneta i digitalnoj javnoj usluzi, dok jedino integracija digitalne tehnologije nije doživjela porast. Cjelokupan DESI je u 2016.-oj god. narastao s 0,37 na 0,42 te iako su to još uvijek brojke ispod prosjeka Europske unije taj rast sugerira brz razvitak (slika 8.).

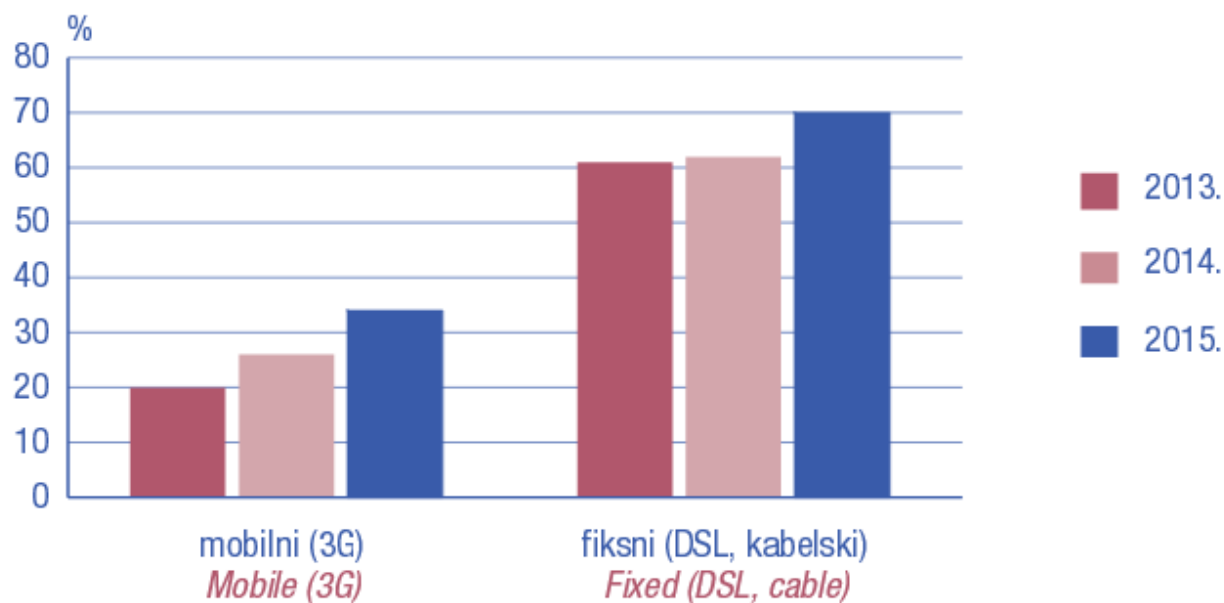


Slika 8. DESI za svako od 5 područja u 2016. god. (lijevo) i cjelokupan DESI za 2016. god (desno) [1]

U 2016. je godini Hrvatska doživjela najveći digitalni rast u sektoru digitalnih javnih usluga (od 0,29 do 0,41) što se može pripisati uvođenju web portala e-građanin. Hrvatska je predvodnik zemalja koje hvataju zaostatak za EU (Europska unija) po DESI-u.

Oko 20% malih i srednjih poduzeća (eng. *small and medium-sized enterprises-SMES*) prodaju putem online trgovine što je iznad EU prosjeka koji iznosi 16 %. Isto tako je i jednak ili veći, u odnosu na EU, postotak poduzeća koja koriste nove tehnologije kao što su RFID (eng. *radio-frequency identification- radio frekvencijska identifikacija*), fakturiranje (eng. *e-Invoices*), cloud usluge i društvene mreže [1].

Vidljivi su trendovi širenja pristupa internetu do svakog pojedinca, kako bežičnog tako i kablenskog (slika 9.). Cilj je da u budućnosti svaka osoba ima jednaku šansu za povezati se na Internet.

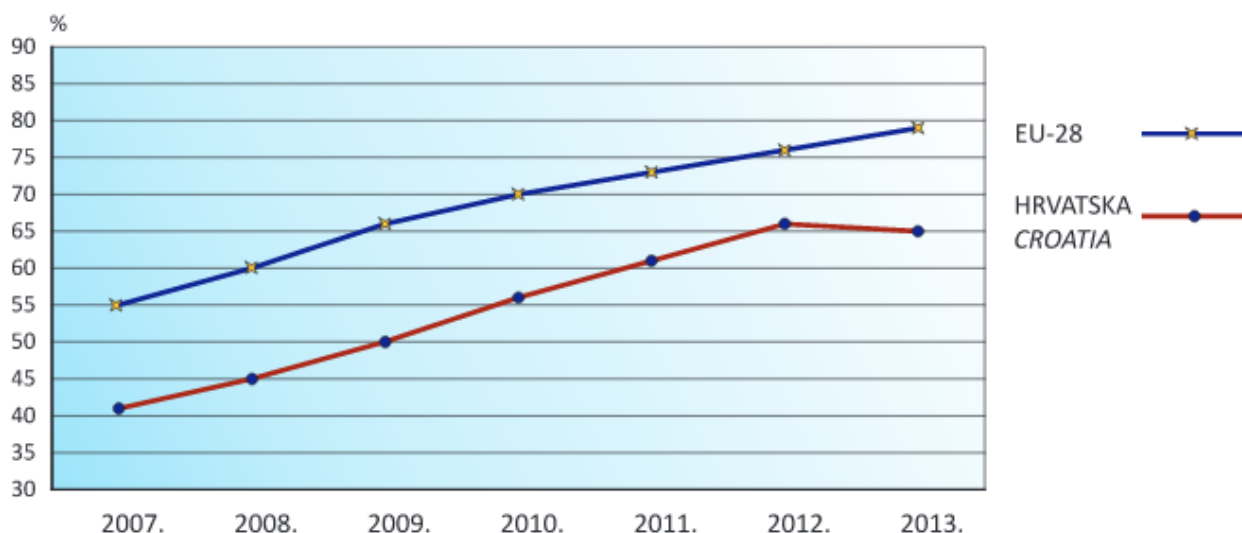


Slika 9. Širokopojasni pristup internetu u kućanstvima od 2013. do 2015. godine [6]

Tablica 6. Promatrani parametri vezani uz digitalizaciju [6]

	PODUZEĆA, %				KUĆANSTVA, %
Godina	Uporaba računala	Pristup internetu	Internetska stranica	Uporaba e-uprave	Kućanstva s pristupom internetu
2009.	98	95	57	61	50
2010	97	95	61	63	57
2011	97	96	66	86	61
2012	97	96	65	85	66
2013	98	98	68	92	65
2014	96	96	66	-	68
2015	90	90	71	-	77

Po podacima iz Državnog zavoda za statistiku uporaba računala i pristup internetu su rasli u poduzećima (tablica 6.). Nije jasno zašto je 2015. god. zabilježen pad u ta 2 segmenta. Za uspjeh Industrije 4.0 je važno da svako kućanstvo ima pristup internetu. Iako je zasad samo 77% kućanstava s pristupom, trendovi rasta su dobri. Ako bi usporedili pristup hrvatskih kućanstava s Europskom unijom dobili bismo relativno veliku razliku u rezultatima (slika 10.).



Slika 10. Usporedba kućanstava s pristupom internetu: RH-EU (od 2007. do 2013. god.) [6]

4.1.4. Bruto domaći proizvod (BDP)

Nominalni bruto domaći proizvod, BDP, jest ukupna vrijednost robe i usluga proizvedenih u gospodarstvu tokom određenog razdoblja. Želimo li mjeriti gospodarsku aktivnost neke zemlje, zapravo nas zanima nešto drugo, zanima nas koliko je robe i usluga proizvedeno u tom gospodarstvu u nekom razdoblju. To mjeri realni BDP. Smisao je realnog BDP-a da omogući mjerenje ukupne proizvodnje robe i usluga u fizičkim količinama [7].

$$\text{realni BDP} = \text{nominalni BDP} / \text{razina cijena}$$

Nominalni BDP se može mjeriti na tri načina:

1) Proizvodna metoda. Možemo računati nominalni BDP tako da zbrojimo vrijednost proizvodnje svih industrijskih sektora gospodarstva

2) Rashodna metoda. Možemo računati nominalni BDP tako da zbrojimo sve izdatke na robu i usluge svih sektora potrošnje gospodarstva (kućanstava, poduzeća, države i stranaca)

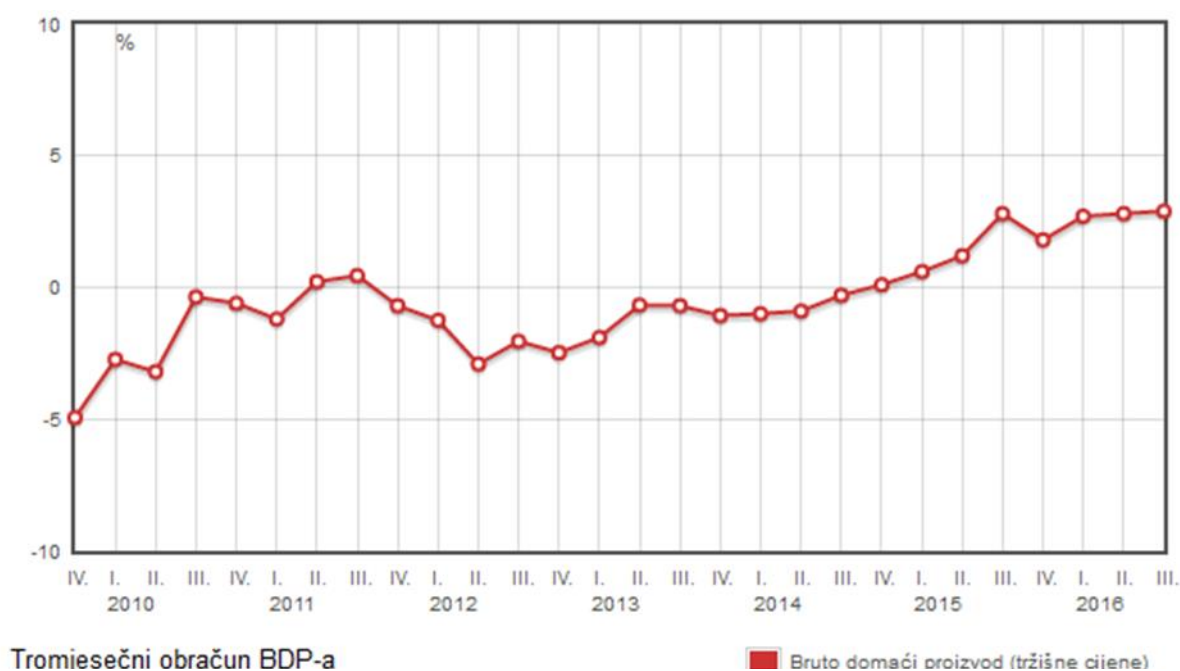
3) Dohodovna metoda. Možemo računati nominalni BDP tako da zbrojimo sve dohotke (prihode) koji su generirani u procesu proizvodnje (plaće zaposlenih, primanja i profite)

U tablici 7. je prikaz kretanja BDP-a po stanovniku i stope rasta BDP-a u Republici Hrvatskoj u periodu od 2005. godine do 2015. godine.

Tablica 7. BDP po stanovniku i stopa rasta BDP-a (2005. – 2015. god.) [6]

Godina	BDP po stanovniku, euro	Stopa rasta BDP-a, %
2005.	8043	4,2
2006.	8951	4,9
2007.	9781	5,1
2008.	10721	2,1
2009.	10471	-7,4
2010.	10479	-1,7
2011.	10446	-0,3
2012.	10297	-2,2
2013.	10228	-1,1
2014.	10152	-0,5
2015.	10426	1,6

Vidljivo je da je BDP Hrvatske rastao sve do velike financijske krize 2008. godine. Od tad doživljava šestogodišnji pad. 2015.-u godinu je Hrvatska završila s pozitivnom stopom rasta BDP-a. Rezultati za 2016. god. su još i bolji nego za prijašnju (slika 11.).



Slika 11. BDP (realne stope rasta) – tromjesečni obračun od 2010. godine [6]

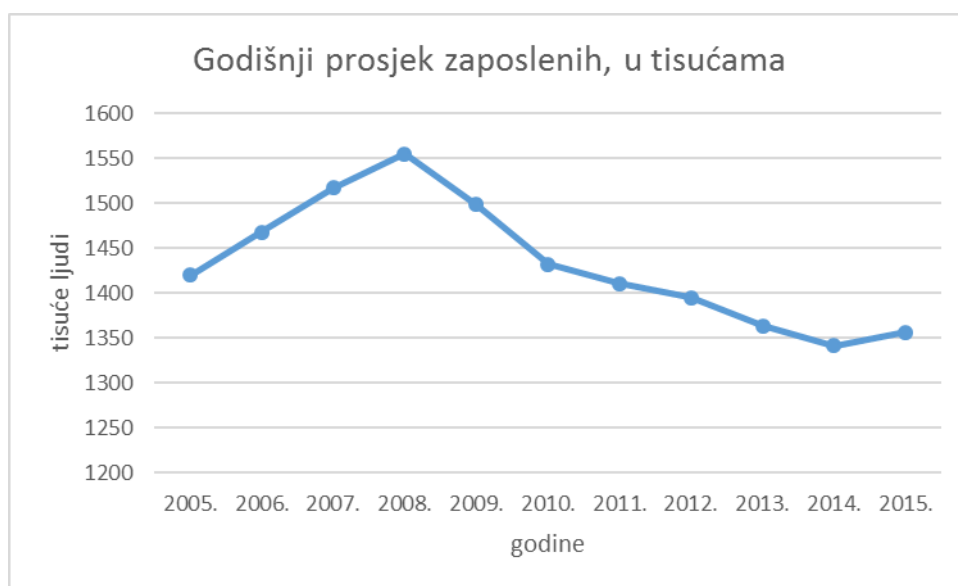
U prva 3 tromjesečja 2016. godine BDP je imao prosječni rast od 2,8 % što je dobar znak za hrvatsku industriju.

4.1.5. Zaposlenost i prosječne plaće

Svaka industrijska revolucija donosi neočekivane promjene u društvima i zaposlenosti. Dio zemalja ne prihvati promjene koje ona donosi te s vremenom sve više zaostaje za zemljama predvodnicama. To za sobom vuče i smanjenje broja zaposlenih. Hrvatska od 2009. godine, uslijed Velike financijske krize, ali i slabijeg ulaganja u razvoj industrije, bilježi uglavnom pad razine zaposlenosti (tablica 8.).

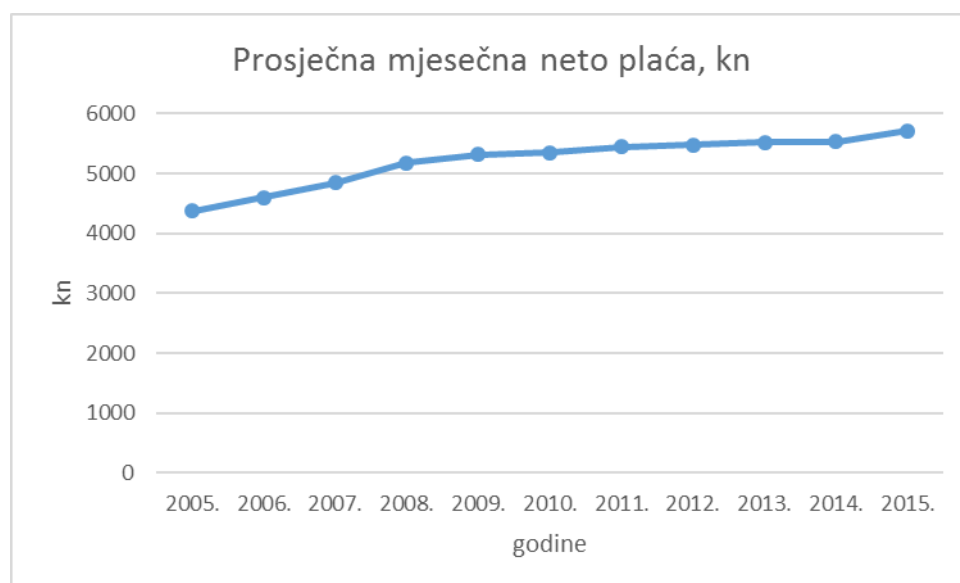
Tablica 8. Zaposlenost i prosječne plaće [6]

Godina	Godišnji prosjek zaposlenih, u tisućama	Prosječna mjesečna neto plaća, kn
2005.	1 420	4 376
2006.	1 468	4 603
2007.	1 517	4 841
2008.	1 555	5 178
2009.	1 499	5 311
2010.	1 432	5 343
2011.	1 411	5 441
2012.	1 395	5 478
2013.	1 364	5 515
2014.	1 342	5 533
2015.	1 357	5 711



Slika 12. Prosjek zaposlenih od 2005. godine [6]

Pad zaposlenosti je počeo 2008. godine uslijed svjetske financijske krize. Možemo zamijetiti da su pad BDP-a (tablica 7.) i pad zaposlenosti (slika 12.) u korelaciji.



Slika 13. Prosječne mjesečne neto plaće od 2005. godine [6]

Iako je zamjetan pad zaposlenosti, prosječna neto plaća u istom tom periodu raste. Ova se pojava može pripisati inflaciji cijena.

4.1.6. Istraživanje i razvoj

Ulaganje u istraživanje i razvoj je jedan od glavnih pokretača industrijskog razvitka te je indikator spremnosti na Industriju 4.0. Nažalost, poduzeća često tom odjelu prvom režu financijske izvore kada dođe do financijskih poteškoća u funkcioniranju poduzeća (tablica 9.).

Tablica 9. Istraživanje i razvoj [6]

Godina	Ukupni bruto domaći izdaci za istraživanje i razvoj, u tisućama kuna	Izdaci države i lokalne uprave, u tisućama kuna	Zaposleni s punim radnim vremenom	Objavljeno istraživačkih radova u poslovnom sektoru
2008	3 073 965	1 436 542	10 191	471
2009	2 794 170	1 376 672	10 218	445
2010	2 442 901	1 162 198	10 458	824
2011	2 502 276	1 161 412	9 759	323
2012	2 482 157	1 086 426	9 788	307
2013	2 688 004	1 035 044	9 308	147
2014	2 594 604	1 043 776	9 087	113

Zabrinjavajuća je činjenica da su svi faktori koji govore o ulaganjima u istraživanje i razvoj negativni. Naime, istraživanje i razvoj je segment industrije koji bi trebao povući industriju prema naprijed, a ako se ulaganja, broj zaposlenih i broj istraživačkih radova smanjuju- napredak je manje moguć.

Nakon 2009. godine i globalne ekonomske i financijske krize, razina ulaganja u istraživanje i razvoj se smanjila s 1,05% na 0,75% BDP-a u 2012. dok je neznatan rast na 0,81% zabilježen u 2013. godini. RH je jedina nova članica Europske unije iz srednje i istočne Europe čiji su bruto domaći izdaci za istraživanje i razvoj (GERD) u odnosu na BDP niži u 2013. nego u 2002. godini. Ova razina izdataka stagnira od 2010. godine te je znatno ispod prosjeka EU koji iznosi 2,02% (2013. godine). U ukupnom iznosu, RH je utrošila oko 354.7 milijuna EUR na istraživanje i razvoj u 2013. (Eurostat, 2014.). Od ukupnog iznosa bruto domaćih izdataka za istraživanje i razvoj (GERD), 50,1% otpada na izdatke za istraživanje i razvoj poslovnog sektora (BERD), dok je prosjek EU 63,8%. Ulaganja u istraživanje i razvoj poslovnog sektora čine ukupno 0,41% BDP-a, što je usporedivo primjerice sa Slovačkom (0,38%) i Poljskom (0,38%), ali je manje nego u Češkoj (1,03%) i Sloveniji (1,98%) te je također ispod prosjeka EU od 1,28% [9].

4.2. Strategija za budućnost

Dugoročni rast i poboljšanje životnog standarda ljudi se može potaknuti koncentracijom na: inovacije, ljudski kapital, istraživanje i razvoj. S ciljem gospodarskog razvitka temeljenog na istraživačko-razvojnim aktivnostima i inovacijama, Europska unija pokreće inicijativu izrade strategije pametne specijalizacije.

Strategija pametne specijalizacije je obvezujući preduvjet za povlačenje sredstava iz Europskih strukturnih i investicijskih fondova za jačanje istraživanja, tehnološkog razvoja i inovacija te se njenim usvajanjem za Republiku Hrvatsku otključavaju alocirana sredstva u okviru Operativnog programa konkurentnost i kohezija 2014.-2020. u iznosu od 664 milijuna eura, koja će biti usmjerena na poticanje znanstvene izvrsnosti i jačanje konkurentnosti hrvatskog gospodarstva kroz istraživanje, tehnološki razvoj i inovacije [8].

Strategija pametne specijalizacije je temeljena na iskorištavanju teritorijalnog kapitala, inovacija, postojećeg znanja i ljudskog potencijala. Krajnji cilj te strategije je povećati ukupnu konkurentnost unutar EU. Kod nas se to misli postići transformacijom gospodarstva i koncentracijom resursa znanja te poticanjem privatnih i javnih investicija u istraživanje, tehnološki razvoj i inovacije. Za to je temelj zajednička suradnja: javnog, znanstveno-istraživačkog i poslovnog sektora.

Strategija pametne specijalizacije je integrirani strateški dokument za ekonomsku transformaciju koji se temelji na sljedećem [9]:

- 1.) Ciljanj podršci politike i ulaganjima u ključne nacionalne prioritete kao odgovor na društvene izazove i potrebe za razvojem temeljenim na znanju.
- 2.) Procjeni snaga, konkurentnih prednosti i potencijala za izvrsnost u istraživanju i razvoju.
- 3.) Instrumentima koji imaju za cilj podržati tehnološke i inovacije temeljene na praksi s ciljem poticanja ulaganja privatnog sektora te strukturnih promjena hrvatskog gospodarstva.
- 4.) Instrumentima koji imaju za cilj omogućavanje sinergije i identifikaciju komplementarnosti između instrumenata podrške javnog sektora za istraživanje i razvoj, industrijskog poticanja, razvoja ljudskog kapitala i usavršavanja.

5.) Detaljnom planu kojim bi svi relevantni dionici bili uključeni u razvoj inovacija te postali kooperativni kroz mehanizme donošenja odluka za razvoj prioritetnih područja gospodarstva.

Do 2020. godine se ovim dokumentom, tj. njegovim provođenjem nastoji transformirati hrvatsko gospodarstvo iz onog zasnovanog na turizmu u zasnovano na znanju i vještinama svojim građana. Do tog se planira doći:

- 1.) Identifikacijom ključnih prioriteta.
- 2.) Koncentracijom istraživačkih kapaciteta i infrastrukture što će koristiti javnom i privatnom sektoru u okupljanju kritične mase istraživača.
- 3.) Poticanjem istraživačke izvrsnosti i komercijalizacijom istraživanja.

Strategija pametne specijalizacije je ključna za daljnji rast i razvoj RH

U toj strategiji navedeno je 5 glavnih prepreka koje sprječavaju veći gospodarski rast Hrvatske [9]:

- 1.) Inovacijski rezultati RH tijekom posljednjih desetljeća bili su slabi i nisu uspjeli ispuniti očekivanja. Inovacijski sustav djelovao je ispod svojih potencijala (bilo mjereno inovacijskim inputima, rezultatima ili doprinosom inovacija gospodarskom rastu).
- 2.) RH je u kontekstu inovacija značajno ispod inovacijskog prosjeka EU te pripada skupini zemalja koje se smatra umjerenim inovatorima (eng. *moderate inovator*).
- 3.) RH je ispod prosjeka EU u većini pokazatelja, ali je iznad prosjeka u EU po pitanju pokazatelja vezano za ljudske potencijale, zbog velikog broja novih doktora znanosti i mladih sa završenom srednjom razinom obrazovanja.
- 4.) Postoje tri ključna čimbenika koji sprječavaju inovacije: porezni sustav, nedostatak primarne i sekundarne faze financiranja ulaganja te poslovno okruženje. Jedan od strukturnih problema s kojim se RH suočava je niski obujam poslovnih ulaganja u istraživanje i razvoj, unatoč izdašnosti postojećih poreznih olakšica.
- 5.) Proizvodi visoke dodane vrijednosti i usluge temeljene na znanju (eng. *knowledge intensive business services- KIBS*) ostaju i dalje zanemariv dio izvoza,

dok vještine i tehnološke mogućnosti stagniraju. Taj trend odražava se na hrvatski izvoz, tehnološku uspješnost i rangiranje na ljestvici konkurentnosti kao mjerilo usporedivosti s drugim zemljama.

Do izrade dokumenta „Strategija pametne specijalizacije“ došlo se u 6 koraka:

- 1.) Analiza inovacijskog potencijala.
- 2.) Uspostava sustava pametne specijalizacije i upravljanja procesom.
- 3.) Razvoj vizije.
- 4.) Definiranje prioriteta.
- 5.) Definiranje skupa mjera politike, općih smjernica i akcijskog plana.
- 6.) Praćenje i evaluacija.

4.2.1. Produktivnost

Hrvatska, ako bi ju usporedili s ostalim članicama EU, puno bolje stoji što se tiče produktivnosti mjerenoj kao BDP po zaposlenoj osobi nego onoj mjerenoj kao BDP po glavi stanovnika. Ta nam činjenica govori o tome kako su hrvatska poduzeća relativno konkurentna, ali da je gospodarski sektor premalen za zapošljavanje većeg broja radnika. Strategijom pametne specijalizacije se ne misli direktno otvoriti više radnih mjesta, nego se na to nastoji utjecati rastom produktivnosti, unaprjeđenjem tehnologije i diversifikacijom proizvodnje. Diversifikacija označava: proširenje gospodarske djelatnosti na veći broj proizvoda i usluga, proširenje asortimana proizvodnje ili prodaje proizvoda. Pošto je RH mala zemlja, iznimno bitnu stavku gospodarskog rasta čini izvoz. Jedan od glavnih problema hrvatske proizvodnje je taj što ne dominiraju industrije kod kojih je kvaliteta proizvoda važnija od cjenovne konkurentnosti.

4.2.2. Konkurentnost

RH se nalazi iznad prosjeka EU po kvaliteti ljudskih resursa s obzirom na iznad prosječan uspjeh mladih doktoranata i sveučilišnih prvostupnika. Unatoč tome je po učinku

inovacija ispod prosjeka EU. Sposobnost zemlje da komercijalizira inovacije se može iskazati brojem patenata. Patent ukazuje na vezi između izuma, inovacije i tržišta. Broj patenata je povezan s produktivnošću razvojnih i istraživačkih djelatnosti te o mjerama koje ohrabruju i povećavaju razinu patentiranja. Problem leži u tome što istraživači u Hrvatskoj ne dobivaju poticaje niti korist u pogledu razvitka akademskih karijera na temelju aktivnosti patentiranja. Za objavljivanje i provođenje istraživačkih radova dobivaju. Po broju prijavljenih patenata u RH se ističu: farmacija, biotehnologija, medicinske tehnologije i ICT (eng. *information and communications technology*- informacijske i komunikacijske tehnologije). Patentna aktivnost u Hrvatskoj je razmjerno slaba u usporedbi s drugim zemljama EU.

Na temelju podataka o patentnim prijave podnesenima Europskoj patentnoj organizaciji (EPO), RH ima nižu razinu intenziteta patentiranja s otprilike 4.26 patenata na milijun stanovnika, u usporedbi s prosjekom EU od 110 patenata [9].

Hrvatska je u prednosti nad zapadnim zemljama Europske unije jer su plaće po radniku bitno manje. Isto tako se nalazi na povoljnom geostrateškom položaju.

4.2.3. Istraživanje, razvoj i inovacije (IRI)

Zabrinjavajuće zvuči podatak da je RH jedina nova članica EU iz srednje i istočne Europe čiji su bruto domaći izdaci za istraživanje i razvoj (GERD) u odnosu na BDP niži u 2013. godini nego u 2002. godini.

Neki od faktora koji doprinose relativno slabim rezultatima u području istraživanja i razvoja:

- 1.) Niska razina ulaganja poslovnog sektora RH u istraživanje i razvoj, s napomenom da su velika poduzeća puno inovativnija od malih i srednjih poduzeća.
- 2.) Slaba suradnja industrije i znanosti.
- 3.) Mali broj poduzeća koja obavljaju djelatnosti istraživanja i razvoja.
- 4.) Nedostatak kvalificirane radne snage.

Poduzeća koja imaju aktivnosti istraživanja i razvoja u Hrvatskoj zapošljavaju oko 48.000 radnika, dok je otprilike samo njih 2.500 uključeno u istraživanje i razvoj, bazirano na ekvivalentu zaposlenosti na puno radno vrijeme (eng. Full Time Equivalent, FTE). Zaključno, od trenutno 1.3 milijuna zaposlenih u Hrvatskoj samo njih 2.500 (0,19%) radi na poslovima

istraživanja i razvoja u privatnom sektoru. Velika poduzeća zapošljavaju oko 88% svih radnika koji se bave istraživanjem i razvojem u privatnom sektoru [9].

U izvještaju Europske komisije “Research and Innovation Performance in EU Member States and Associated Countries: Innovation Union Progress at Country Level”, 48 za RH su istaknute sljedeće relativne tehnološke snage u područjima:

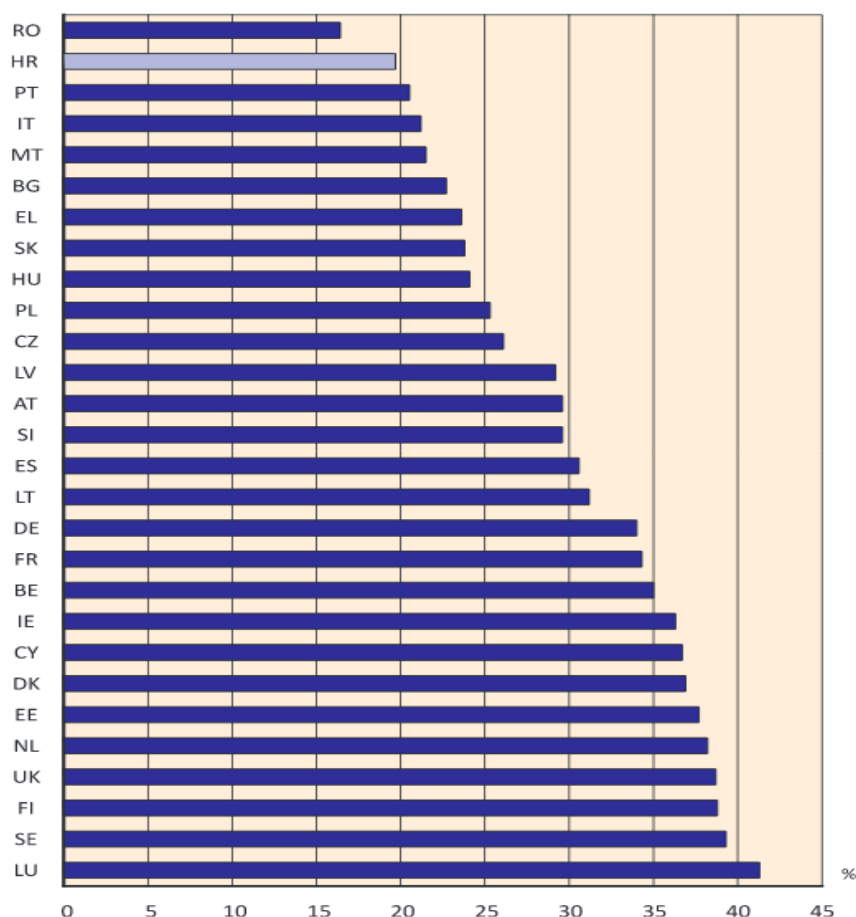
- zdravstvene zaštite
- prerade hrane i poljoprivrede
- energetskih tehnologija
- elektronike i naprednih materijala
- digitalnih tehnika

Najveći izdaci za istraživanje i razvoj u RH povezani su sa sljedećim sektorima: znanstvena istraživanja i razvoj (33%); proizvodnja temeljnih farmaceutskih proizvoda i pripravaka (18,4%); telekomunikacije (14%) i motorna vozila (7%), hrana (6%), niskogradnja (5%) te financijske i ostale usluge (4%). Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta je na temelju rezultata postignutih u istraživanjima i razvoju utvrdilo prioriteta područja uvrštena u Plan razvoja istraživačke i inovacijske infrastrukture Republike Hrvatske. To su područja biomedicine, biotehničke znanosti, prirodne znanosti, tehničke znanosti, društvene i humanističke znanosti te međudisciplinarne znanosti [9].

Jedan od najvećih problema u sektoru istraživanja i razvoja je slaba povezanost između istraživačkih institucija i privatnog sektora. Broj zajedničkih publikacija javnog i privatnog sektora na milijun stanovnika u EU iznosi 52,8, a u Hrvatskoj 27,4 što je jako loš pokazatelj. U tablici 9. se može vidjeti da je i sam broj zaposlenih na području istraživanja i razvoja ne samo nizak, već i u opadanju. Sama ulaganja u istraživanje i razvoj su prosječna u usporedbi s ostalim EU članicama sličnog dohotka, ali aktivnosti u području patentiranja su niske. To nas sve navodi na razmišljanje da državni sustav inovacija ne uspijeva komercijalno iskoristiti sektor istraživanja i razvoja.

4.2.4. Ljudski potencijali

Za izum ekonomski korisnih inovacija iznimno je važno posjedovati kvalificiranu radnu snagu predvođenu obučenim: znanstvenicima, inženjerima, tehnolozima.



Slika 14. Ljudski potencijali u znanosti i tehnologiji za 2012. god. (% od ukupne populacije) [6]

Slika 14. prikazuje udio zaposlenih u znanosti i tehnologiji naspram svih zaposlenih u državama EU-a. RH spada na predzadnje mjesto liste, s Rumunjskom na začelju.

Oko 60% studenata u Hrvatskoj studira društvene i humanističke znanosti, dok se broj upisanih učenika u STEM područjima smanjuje. Primjerice, u 2012. godini u Hrvatskoj je od ukupnog broja diplomanata tercijarnog obrazovanja, 42% studenata završilo programe iz područja društvenih znanosti, poslovanja i prava programe, u usporedbi s 23,4% u Njemačkoj i 25,3% u Finskoj. Navedeni udio društvenih i humanističkih znanosti je vrlo visok, što nije povoljan čimbenik za budući razvoj IRI u Hrvatskoj. Osim toga, RH ima visoke stope odustajanja od školovanja u STEM područjima s posebno visokom stopom od 41% odustajanja na prvoj godini programa iz područja STEM [9].

STEM je akronim sastavljen od početnih slova riječi Science, Technology, Engineering i Mathematics (znanost, tehnologija, inženjerstvo i matematika). Tu spadaju: kemija, računalne i informatičke znanosti, strojarstvo, geologija, biologija, razne grane matematike, fizika, astronomija. U Hrvatskoj su najbolji primjeri STEM fakulteta: Prirodoslovno-matematički fakultet (PMF), Fakultet strojarstva i brodogradnje (FSB) i Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER). Detaljniji prikaz upisanih studenata prema području studija može se promotriti u tablici 10.

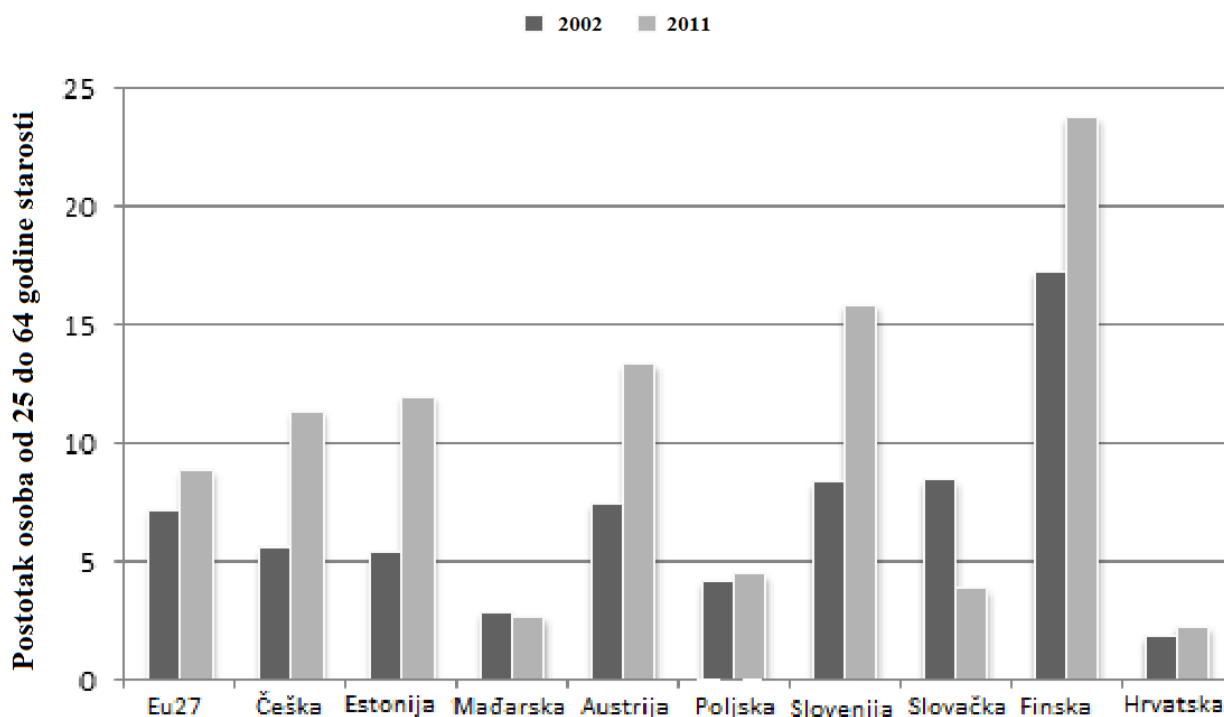
Tablica 10. Broj upisanih studenata na pojedine vrste studija od 2011. god. do 2016. god. [9]

PODRUČJE STUDIJA	2011.-2012.	2012.-2013.	2013.-2014.	2014.-2015.	2015.-2016.
Biomedicina i zdravstvo	2219	2211	2259	2286	2360
Biotehničke znanosti	1779	1885	1917	1942	1950
Prirodne znanosti	1470	1430	1381	1409	1435
Tehničke znanosti	8195	8359	8305	8904	8690
Interdisciplinarna polja znanosti	175	191	175	229	276
Društvene znanosti	12655	11915	11828	12208	12488
Humanističke znanosti	3348	3317	3261	3287	3315
Umjetnost	463	443	436	474	483
UKUPNO	30304	29751	29562	30739	30997

Iz tablice 10. se može zaključiti da broj upisanih na društvene i humanističke znanosti stagnira, dok je broj upisanih studenata na tehničke i biotehničke znanosti u blagom porastu. Ova tablica nas ipak ne navodi na konkretan zaključak jer su stope odustajanja od školovanja na prvoj godini programa u STEM područjima visoke (41 %). Hrvatsko školstvo mora biti u stanju iznjedriti puno veći broj stručnjaka u STEM područjima nego što je danas slučaj jer će s daljnjim razvojem tehnologije potreba za zanimanjima tog tipa samo rasti.

Problem nije samo u malom broju studenata i istraživača u STEM području. Naime, poslodavci su nezadovoljni znanjima i kompetencijama mladih istraživača stečenim na doktorskim studijima jer ista, po njima, često nisu primjenjiva u poslovnom sektoru. Zbog toga potražnja za doktorima znanosti u poslovnom sektoru nije velika kao u razvijenim zemljama.

Za napredak i implementaciju novih tehnologija jako je važno kontinuirano obrazovanje radnog kadra (slika 15.).



Slika 15. Sudjelovanje u osposobljavanju i obrazovanju osoba od 25 do 64 godine starosti [9]

Hrvatska je na katastrofalnom posljednjem mjestu u EU po broju osoba koje se kontinuirano obrazuju te od 2002. do 2011. pokazuje minimalne znakove poboljšanja što je indikator o vjeri privatnika u bitnost znanja i vještina.

4.2.5. Zaključno o strategiji razvitka RH

S ciljem smanjenja broja zanimanja koja nisu u skladu s potrebama tržišta, potrebno je provesti reformu obrazovnog sustava. Ona još nije donešena. Kako bi se povećala: zaposlenost, međunarodna konkurentnost i održiv rast prihoda, RH mora proizvoditi proizvode temeljene na inovacijama, te se koncentrirati na one djelatnosti koje donose višu dodanu vrijednost. Ukratko, hrvatski proizvodi trebaju postati sofisticiraniji. Međunarodno konkurentne segmente hrvatske industrije čine: elektrotehnika, energija, napredni materijali, digitalne tehnologije, biotehnologije, prerada hrane i zdravstvo. U tim industrijama je također prisutan i snažan istraživački kapacitet. Financiranje ne smije biti glavno opravdanje za slabu iskoristivost i suradnju znanosti i prakse.

Strategija pametne specijalizacije je odlična prilika za RH da se pokrene iz nepovoljnog položaja u kojem se trenutno nalazi. To se planira postići obnavljanjem proizvodnog sektora. Glavna 3 cilja koja se nastoje postići ovom strategijom su:

- 1) Jačanje inovacija poticanjem ulaganja poslovnog sektora u istraživanje i razvoj.
- 2) Modernizacija tehnologije kako bi se povisila produktivnost.
- 3) Učinkovitim uvjetima ulaza i izlaza poboljšati dobitke produktivnosti.

Kao vizija i cilj dokumenta se navode:

Vizija: Republika Hrvatska bit će prepoznata kao gospodarstvo koje se temelji na znanju i koje potiče kreativnost i inovacije na svim razinama društva za bolju kvalitetu života svih svojih stanovnika [9].

Cilj: Usmjeravanje kapaciteta u području znanja i inovacija na područja od najvećeg potencijala za Hrvatsku radi pokretanja konkurentnosti i društveno-gospodarskog razvoja i transformacije hrvatskog gospodarstva kroz učinkovite aktivnosti istraživanja, razvoja i inovacija [9].

Odluka o donošenju Strategije pametne specijalizacije Republike Hrvatske za razdoblje od 2016. do 2020. godine i usvajanju Akcijskog plana za provedbu Strategije pametne specijalizacije Republike Hrvatske za razdoblje od 2016. do 2017. godine je donešena na 12. sjednici Vlade Republike Hrvatske održanoj 30. ožujka 2016. godine. Strateški je okvir krojen isključivo za potrebe hrvatskog gospodarstva. U izradi su sudjelovali: predstavnici poslovnog sektora, lokalne i regionalne samouprave, akademske zajednice, središnjih tijela državne uprave, agencija. Cjelokupni proces izrade dokumenta je pohvaljen od strane Europske Komisije. Identificirana su sljedeća tematska prioritetna područja za ulaganje i daljnji razvoj hrv. gospodarstva:

- zdravlje i kvaliteta života
- energija i održivi okoliš
- promet i mobilnost
- sigurnost
- hrana i bioekonomija

5. PRIMJERI IMPLEMENTACIJE INDUSTRIJE 4.0 U SVIJETU

5.1. Načini primjene i njene dobiti

Od pametnih se tvornica očekuje smanjenje troškova u gotovo svim njenim segmentima. Smanjenja se očekuju u troškovima:

- 1) Proizvodnje. Uslijed daljnje robotizacije proizvodnje očekuje se da će se troškovi smanjiti za 10-20%. Dodatni faktori koji će utjecati na smanjenje troškova proizvodnje su: samo-optimizirajući sustavi, simulacije prije i za vrijeme proizvodnje, fleksibilna radna snaga.
- 2) Logistike. Poduzeća će biti povezanija sa svojim dobavljačima. Moći će se desiti da dobavljač jedan dio posla obavi kod sebe, a ako simulacija potkrijepi odluku, drugi dio posla se može obaviti u poduzeću naručitelju. To i automatizirana unutarnja logistika poduzeća će smanjiti troškove logistike u cjelini za 10-20%.
- 3) Skladištenja. Pametna tvornica daje bolji pregled robe koja je se u datom momentu nalazi na skladištu, ali i simulira koliko nove robe je potrebno naručiti. CPS sustavi koji poboljšavaju komunikaciju sa kupcima i bolja suradnja između dobavljača i poduzeća dovesti do smanjenja troškova u skladištenju za 30-50%.
- 4) Uslijed nekvalitetnih proizvoda. Mnoštvo dostupnih informacija omogućuje konstantno praćenje procesa proizvodnje i predviđanje mogućih grešaka. Uz to u Industriji 4.0 je jednostavno testirati kvalitetu proizvoda na svakoj radnoj stanici. Troškovi koji otpadaju na nekvalitetne proizvode bi se mogli smanjiti za 10-20%.
- 5) Uslijed kompleksnosti proizvodnje. Pametni roboti, pametni proizvodi i modularizirana proizvodnja jednostavno su u stanju pratiti za ljude kompleksne procese. Potencijalne uštede u ovom segmentu iznose 60-70%.
- 6) Održavanja. Prediktivno održavanje, optimizacija količine dijelova na skladištu i dinamično prioritiziranje objekata koje treba održavati će dovesti do smanjenja troškova od 10-20%.

5.1.1. *Smanjenje potrošnje energije za vrijeme stanki u proizvodnji na linijama za montažu vozila*

Energetska učinkovitost je važan segment u radu poduzeća. Kako bi poduzeća bila energetska učinkovitija, trebaju biti u mogućnosti automatski gasiti objekte proizvodnje koji u

tom trenutku ništa ne proizvode. Energetska učinkovitost će u Industriji 4.0 biti integrirani dio planiranja proizvodnje.

Danas: Mnoge proizvodne linije ili dijelovi proizvodnih linija rade i troše velike količine energije tijekom stanki, vikenda ili smjena u kojima se ne proizvodi. Npr. na traci za sastavljanje vozila koja koristi lasersko zavarivanje u jednom poduzeću, 12% ukupne potrošnje energije se troši tijekom stanki u proizvodnji. Proizvodna linija je u funkciji 3 smjene dnevno i 5 dana u tjednu. Iako se na tim linijama ne proizvodi ništa tokom vikenda, one ostaju napajane kako bi se proizvodnja mogla nastaviti u ponedjeljak. 90 % utroška energije tokom stanki u proizvodnji se troši na: robote, ekstraktore i lasere i njihov sustav hlađenja.

Budućnost: U budućnosti će se robotima gasiti napajanje čak i za vrijeme kratkih stanki u proizvodnji. Tokom duljih će im se stanki uključivati „standby“ mod poznat pod nazivom Wake-On-LAN mod. Ekstraktori će koristiti motore kojima je moguće namjestiti parametre rada, za razliku od današnjih. Što se tiče lasera, bit će potrebno izumiti potpuno novi sustav iskorištenja energije. Ove mjere će omogućiti 12 % učinkovitije iskorištenje energije, a energija koja se troši za vrijeme stanki u proizvodnji će biti smanjena za 90 %.

5.1.2. Ostvarivi individualni zahtjevi svakog kupca

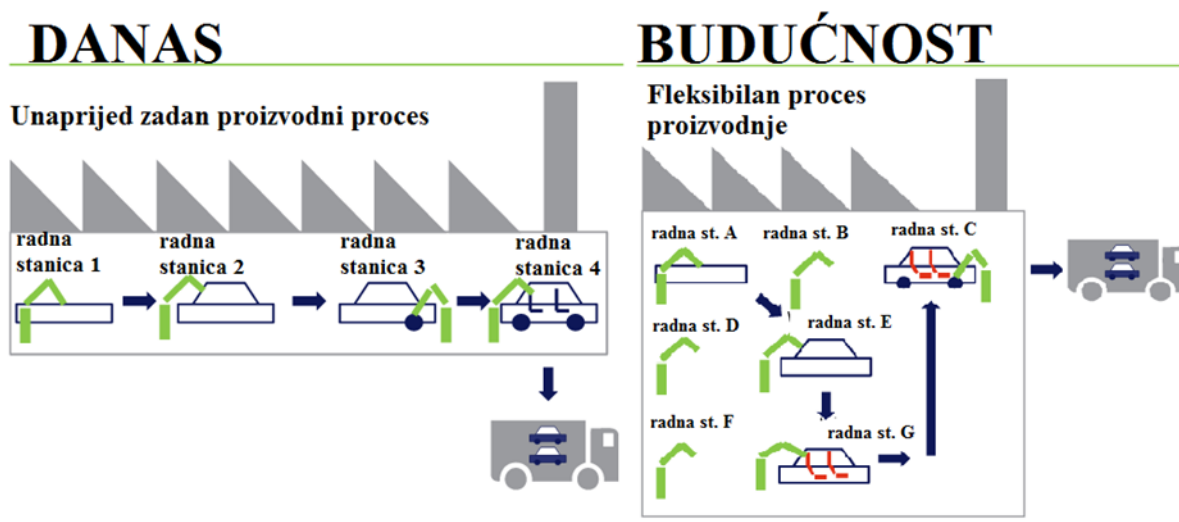
Dinamični lanci vrijednosti Industrije 4.0 omogućuju koordinaciju između izrade proizvoda i zahtjeva kupca. Kupac će moći birati dizajn, konfiguraciju uređaja, način dostave, itd. Nov način proizvodnje također omogućuje promjene u zadnji trenutak, prije nego li će proizvodnja naručenog proizvoda započeti, a moguće su čak i promjene narudžbe za vrijeme proizvodnje.

Danas: Automobilsku industriju današnjice karakteriziraju statične proizvodne linije na kojima je potrebno provesti puno preinaka u slučaju lansiranja novog proizvoda. Proizvodna linija određuje i posao koji radnici na njima moraju obavljati. Taj posao je zbog statičnog oblika proizvodnje monoton. Individualnost se ne potiče. Kao rezultat svega ovoga nije moguće udovoljiti individualnim zahtjevima svakog kupca. Kupca koji npr. želi u svoj automobil ugraditi neki dio koji originalno ne pripada tom autu, ali se izrađuje u istom poduzeću. Npr. naručiti Volkswagen sa sjedalima iz Porschea.

Budućnost: Jedna od glavnih karakteristika Industrije 4.0 su dinamične proizvodne linije. Vozila postaju pametni proizvodi koji se autonomno kreću kroz proizvodnu liniju od jednog kibernetičko-fizičkog modula do drugog. Dinamična proizvodna linija omogućava miješanje opreme koja ulazi u vozilo. U bilo koje se vrijeme mogu napraviti varijacije na

pojedininim modelima. Jednostavno je preustrojiti proizvodnu liniju, a automobili se cijelo vrijeme autonomno kreću od radne stanice do radne stanice.

Usporedba današnjeg načina proizvodnje i načina proizvodnje u Industriji 4.0 vidljiva je na slici 16.



Slika 16. Prikaz današnjeg i budućeg načina proizvodnje [4]

Danas je unaprijed točno zadano od kojeg će se do kojeg mjesta kretati proizvod, dok će u proizvodnji Industrije 4.0 taj isti proizvod imati više mogućih putova do izlaza.

5.1.3. Iznenadni problemi s dobavljačem

Neočekivane prirodne katastrofe, politički nemiri i sl. u zemlji dobavljača često znače da onaj koji je naručio robu mora brzo promijeniti dobavljača. Industrija 4.0 čini ne planirane promjene dobavljača lakšima kroz simuliranje idućeg najboljeg rješenja.

Danas: U današnjem je poslu teško brzo naći novog dobavljača u slučaju da onaj prijašnji od jednom nije u stanju dostaviti pošiljku. Nije jednostavno ni odrediti koliki će ta promjena plana imati utjecaj na proizvodnju i sve procese povezane uz nju. Iznenadni problemi s dobavljačem rezultiraju značajnim dodatnim troškovima i odgodama u proizvodnji te stoga predstavljaju velik rizik za poduzeća. Menadžeri u poduzećima moraju donijeti brze odluke o: novim dobavljačima, rješenju logistike za dijelove koji su već u procesu proizvodnje, vremenu trajanja zaliha, tome koji proizvodi sadrže komponente od dobavljača koji su otkazali suradnju i ima li novi dobavljač mogućnosti ispuniti sve tražene zahtjeve. Danas je moguća samo djelomična IT podrška za ovaj problem.

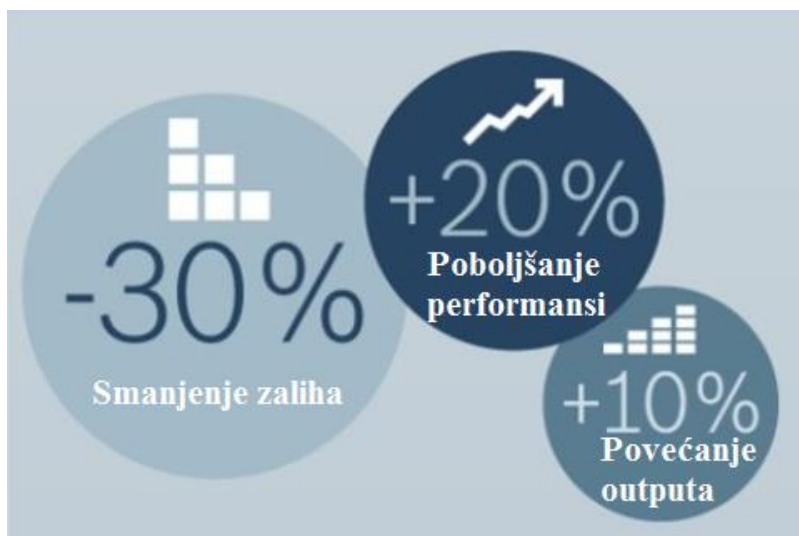
Budućnost: U Industriji 4.0 će biti moguće simulirati sve korake u procesu proizvodnje i odrediti utjecaj svakog pojedinog koraka na proizvodnju. Ovo uključuje simulaciju količina na skladištu, transporta i logistike. Također u simulaciju ulazi sva povijesti komponenti koje su bile korištene u proizvodnji i dobiva se informacija koliko se još te komponente mogu čuvati dok im ne istekne rok. Ovi podaci će omogućiti da razina resursa u poduzeću bude na minimalnom potrebnom nivou. Isto tako će se moći odrediti rizici. Simulirat će se cijene različitih dobavljača, ali i utjecaj pojedinog dobavljača na okoliš. Široka internetska mreža proizvodnih poduzeća će omogućiti analizu različitih dobavljača u realnom vremenu. Preko računalnog oblaka će se na jednostavan način obavljati izbor dobavljača.

5.2. Primjeri primjene Industrije 4.0 u poduzećima

5.2.1. Bosch Rexroth

Bosch Rexroth ima podosta iskustva s implementiranjem Industrije 4.0 u proizvodne procese. Poduzeća koja implementiraju Industriju 4.0 proizvode brže, fleksibilnije, s manje škarta i smanjenim zastoјima.

Na slici 17. se mogu vidjeti koristi primjene Industrije 4.0 u tvornici Bosch Rexroth u Hamburgu. Bez ikakvih dodatnih modifikacija na strojevima tvornica je u stanju proizvoditi više od 200 različitih hidrauličkih ventila na jednoj proizvodnoj liniji. Rezultat toga je: fleksibilna i ekonomski isplativa proizvodnja koja donosi 10 % više outputa i smanjenje zaliha za 30 %.



Slika 17. Koristi primjene Industrije 4.0 u Bosch Rexroth tvornici u Hamburgu.

Primjer energetske iskoristivosti u Boschovoj tvornici:

Energetski su troškovi bitan faktor u proizvodnim poduzećima. Energetska platforma omogućava potpuno sagledavanje energetske potrošnje i gubitaka. Koncept je sljedeći: mjeri se točna potrošnja energije na svakom lokalitetu posebno, vrijednost potrošene energije za svaki uređaj se prenosi preko sigurne mreže na energetska platformu, gdje se ti podaci analiziraju. Iz podataka se na platformi izvlače bitne informacije koje su dostupne online, putem internetskih browsera.

Primjena značajki Industrije 4.0:

- internetski monitoring i analiza energetske tokova
- mjerjenje kvalitete tvornica, proizvodnih linija i strojeva
- transfer podataka putem visoko zaštićenih tokova
- jednostavna konfiguracija
- jednostavna mogućnost povezivanja za mjerne uređaje, senzore i strojeve
- održavanje po stanju

Koristi primjene Industrije 4.0:

- smanjenje utroška energije u proizvodnim poduzećima
- poboljšana kvaliteta opreme zbog provođenja održavanja po stanju
- povećana produktivnost zaposlenika zbog automatskog upravljanja energijom
- smanjenje emisije CO₂
- smanjenje nenadanih stanki u proizvodnji

5.2.2. Siemensova tvornica za proizvodnju PLC računala u Ambergu u Njemačkoj

Siemens je duboko involviran u implementaciju koncepta Industrije 4.0. Sami su proizveli nekoliko proizvoda koje koriste u svojim tvornicama kao što su TIA Portal v14 ili MindSphere. TIA Portal v14 (eng. *Totally Integrated Automation*-sveukupno integrirana automatizacija) omogućava potpun uvid u sve automatizirane procese u tvrtci, od digitalnog planiranja i integriranog inženjeringa do potpuno transparentnih operacija. MindSphere je Siemensova verzija računalnog oblaka. Ono omogućava online nadziranje globalno distribuiranih proizvoda.

U Siemensovom proizvodnom poduzeću za proizvodnju PLC (eng. *programmable logic controller-programabilni logički kontroler*) računala u njemačkom Ambergu, tvrtka je

digitalizirala proizvodnju tako da automatizirano proizvode vlastiti sustav za automatizaciju. U njoj proizvodi komuniciraju sa strojevima, a svi proizvodni procesi su optimalno integrirani i upravljani putem IT-ja. Rezultat ovoga je 99,99885 % ispravnih proizvoda. Taj postotak je impresivan uzevši u obzir da tvrtka proizvodi 12 milijuna PLC računala svake godine. Tvrtka radi 230 dana godišnje što nam daje rezultat o proizvodnji jednog PLC računala po sekundi. 75% proizvodnje PLC računala je automatizirano. Zaposlenici su uključeni u radni proces samo na početku proizvodnje svakog računala. Zanimljivo za proizvodnju je zaslužno oko 1000 PLC računala koja upravljaju procesima. Unatoč visokom nivou automatizacije, ljudi i dalje donose bitne odluke. Električni tehničar nadzire stanicu za montažu. Taj elektro-tehničar može nadzirati cijeli tok vrijednosti u proizvodnji jer svaki proizvod koji prolazi kroz tu stanicu ima svoj barkod s kojim komunicira sa strojevima. Više od 1000 skenera prati svaku operaciju u realnom vremenu i mjeri detalje vezane uz proizvod kao što su: temperatura, testni rezultati...



Slika 18. Prikaz Siemensove digitalne tvornice u Ambergu.

5.2.3. BMW-ova tvornica u Spartanburgu u Južnoj Carolini.

BMW je u tvornici u Spartanburgu uveo pametne robote koji su zaslužni za smanjeni broj ozljeda na radnom mjestu, ali i činjenje proizvodnog procesa stabilnijim što samo za

sobom vuče veći broj proizvedenih vozila. Spartanburg je bio prva svjetska tvornica koja je uvela direktnu suradnju čovjeka i robota. Laboratorijska testiranja su dokazala da u slučaju pravilnog implementiranja suradnje robota i čovjeka, robot skraćuje besposleno vrijeme radnika za čak 80%.

Također su uveli sustav štednje energije nazvan iEMDS (eng. *intelligent energy management data system*). Sustav je zasnovan na pametnim mjernim uređajima koji stalno mjere utrošak energije strojeva i uređaja pa te podatke šalju u računalni centar za analizu. Zahvaljujući ovim pametnim mjernim uređajima, odstupanja od zacrtanog plana utroška energije mogu biti na vrijeme primijećena i uklonjena, a broj zastoja u proizvodnji smanjen. Očekuje se da će iEMDS sustav doprinijeti godišnjem smanjenju utroška energije u iznosu od 7%. iEMDS je implementiran u 30 BMW-ovih tvornica diljem svijeta i očekuje se da će uštedjeti 25 milijuna eura u idućih 10 godina.

5.2.4. Campofrio Food Group

Campofrio Food Group je vodeći svjetski proizvođač obrađenog mesa, sa sjedištem u Madridu u Španjolskoj. Početkom 2017. godine su otvorili modernu tvornicu u kojoj će implementirati koncepte Industrije 4.0. Pametna tvornica je izgrađena u Burgosu. Uvedeni koncepti su:

- 1) Usklađivanje informacijskih i proizvodnih tehnologija. Sve su strojeve unutar tvornice povezali kroz sigurnu i pouzdanu mrežu. Ovo omogućuje ubrzanje procesa, povećava kvalitetu proizvodnje i ubrzava izbacivanje novih inovacija.

- 2) Monitoring i analiziranje u realnom vremenu će povećati: kontrolu nad postrojenjima, iskoristivost i fleksibilnost, produktivnost, a smanjiti vrijeme izgubljeno na zastoje.

- 3) Povećana sigurnost.

Tvornica u Burgosu je najmodernija tvornica takvog tipa u Europi.

6. ZAKLJUČAK

Industrija 4.0 više nije pojam o kojem se govori u budućem vremenu, već je zaživjela u mnogim tvrtkama u industrijski razvijenijim dijelovima svijeta. Da bi se doseglo razinu za uspješnu implementaciju Industrije 4.0 u poduzeća, potrebno je ispuniti određene preduvjete kao što su: umreženost i digitalna povezanost, kvalificirana radna snaga, povećanje internetske sigurnosti, Lean menadžment, itd. U radu je osnovni cilj bio istaknuti glavne značajke Industrije 4.0 i došao sam do zaključka da je povezanost na Internet, tj. umreženost što više objekata u poduzeću, a i izvan njega, osnova svega.

Nove značajke koje donosi tzv. nova industrijska revolucija neće zamijeniti ljude. Istina, neka zanimanja koja danas obavljaju niže kvalificirani radnici će postati manje tražena jer će ih zamijeniti roboti. No, potražnja za visokokvalificiranom radnom snagom, kao što su inženjeri, će porasti. Pretpostavlja se da broj zaposlenih iz tog razloga neće bitno opadati. Najveći problem u Europi budućnosti će predstavljati upravo nedostatak visokokvalificirane radne snage, pogotovo ICT stručnjaka. Hrvatska ima priliku kroz reformu školstva i donošenje strategije razvoja zemlje postaviti temelje za implementaciju novih industrijskih koncepata u doglednoj budućnosti. Što brže Hrvatska doživi industrijski razvoj, prije će se osjetiti rast životnog standarda u cijeloj zemlji. U Hrvatskoj su farmaceutska i prehrambena industrija pokazali naznake približavanja Industriji 4.0 u nekim segmentima proizvodnje. Jedno od rijetkih hrvatskih poduzeća koje je nagovijestilo prelazak na Industriju 4.0 je Rimac Automobili, jedna od najbrže rastućih tvrtki proizvođača komponenti i automobila na električni pogon. Do 2020. godine planiraju zaposliti 1000 novih zaposlenika i pokrenuti serijsku proizvodnju. U novom proizvodnom pogonu planiraju primijeniti najnovije proizvodne tehnologije kao i proizvodne i poslovne modele zasnovane na konceptima Pametne tvornice i Industrije 4.0.

Iako se terminom Industrija 4.0 nastoji sugerirati da je riječ o novoj industrijskoj revoluciji, tek će se u budućnosti moći retrospektivno govoriti o događajima u današnjem vremenu i tome koliko su promjene koje su danas aktualne u industriji bile revolucionarne.

LITERATURA

- [1] Štefanić, Guzović, Antić, Pravdić: Digitising Impulse 2020., National platform of Republic of Croatia
- [2] Veža I., Industrija 4.0-novi strojarski izazov.
https://bib.irb.hr/datoteka/830338.Strojarski_izazov_SB_Veza.pdf
- [3] Roland Berger, Think act- Industry 4.0, March 2014
https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_tab_industry_4_0_20140403.pdf
- [4] Kagerman; Wahlster; Helbig: Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. April 2013
http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf
- [5] Veža I: Analiza postojećeg stanja hrvatskih industrijskih poduzeća. Split. Srpanj, 2015.
https://bib.irb.hr/datoteka/769366.INSENT_Report_WP1.pdf
- [6] Državni zavod za statistiku
<http://www.dzs.hr/>
- [7] Krueger, D; Makroekonomika. Sveučilište u Pennsylvaniji. Preveli i prilagodili: Bićanić; Kukavčić; Nikšić; Spajić. Kolovoz 2009.
- [8] Ministarstvo gospodarstva, poduzetništva i obrta
<http://www.mingo.hr/>
- [9] Strategija pametne specijalizacije RH za razdoblje od 2016. god. do 2020. god.
- [10] Rexroth Bosch Group-Industry 4.0
<https://www.boschrexroth.com/en/xc/trends-and-topics/industry-4-0/best-practices/your-benefits-81>
- [11] Policy Department A: Economic and scientific policy-Industry 4.0. 2016.god.
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf)
- [12] <https://www.automationworld.com/siemens-positions-itself-industry-40-example>
- [13] Koch; Kuge; Geissbauer; Schrauf: Industry 4.0- Opportunities and challenges of the industrial Internet, 2015.

-
- [14] Veža I; Mladineo M; Peko I: Managing Innovative Production Network of Smart Factories. 15th IFAC Symposium on Innovation control Problems in Manufacturing. 2015.
- [15] Veža I; Bilić B; Gjeldum N; Mladineo M: Model of Innovative Smart Enterprise, Proceedings of 6th International Conference on Mass Customization and Personalization in Central Europe. 2014.
- [16] <https://www.rolandberger.com/en/Dossiers/Industry-4.0.html>
- [17] BITKOM, VDMA, ZVEI 2013. Found at: Forschungsunion/acatech, Securing the future of German manufacturing industry Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, 2013, p. 25
- [18] Krzysztof Bledowski. MAPI The Internet of Things: Industrie 4.0 vs. The Industrial Internet. 2015.
- [19] Forschungsunion/acatech, Securing the future of German manufacturing industry Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, 2013
- [20] https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_tab_digital_factories_20160217.pdf

PRILOZI

I. CD-R disc